Keijo Maaranen / Mika Heinonen

TEKNISET PIIRUSTUKSET: KONETEKNIIKKA

Tiedustelut
Sanoma Pro Oy, Helsinki
puh 020 391 000
sähköposti asiakaspalvelu@sanomapro.fi
www.sanomapro.fi

kustantaja Sanoma Pro Oy
1.–2. painos, 2014

ISBN 978-952-63-0281-2

Toimitus: Pertti Vehkalahti, Tomi Uschanov
Ulkoasu: Anna Mattsson / Suomi Design
Taitto: Hilkka Hyvärinen / Hipateos Oy
Kuvitus: Mika Heinonen. Kuvat sivuilla 9, 132, 134 Sisu Axles, 243 Pentti Immonen.
Kannen kuva: Image Copyright ArtyFree, 2013.
Used under license from Shutterstock.com

© Keijo Maaranen, Mika Heinonen ja Sanoma Pro Oy

Kopiointiehdot

Tämä teos on yhdistetty työ- ja oppikirja, joka on suojattu tekijänoikeuslailla (404/61).

Työkirjasivujen tai niiden osien valokopiointi, skannaaminen tai muu digitaalinen kopiointi on kokonaan kielletty.

Tekstisivujen tai niiden osien valokopiointi, skannaaminen tai muu digitaalinen kopiointi tai käyttö edellyttää oikeudenomistajan luvan. Kopiosto ry myöntää teosten osittaiseen kopiointiin lupia. Tarkistakaa, mitkä valokopiointi- ja digiluvat ovat kohdallanne voimassa. Lisätietoja luvista www.kopiosto.fi.

Teoksen tai sen osan muuntelu on kielletty.

ALKUSANAT

Tekniset piirustukset: Konetekniikka on tarkoitettu metallialalle koneenpiirustuksen perusteiden opiskeluun ja harjoitteluun. Kirja rakentuu Kone- ja metallialan perustutkinnon perusteiden 2010 (opetussuunnitelman ja näyttötutkinnon perusteet) pohjalle, ja on yhdistetty oppi- ja harjoituskirja.

Aluksi tutustutaan metalliteollisuuden tuotannossa käytettäviin kokoonpano- ja työpiirustuksiin, sekä standardeihin, joihin piirustukset perustuvat.

Kirjassa esitetään yksityiskohtaisesti koneenpiirustuksen perusasiat: piirustuspohjat, mittakaavat, viivat, tekstit ja numerot, erilaiset kuvannot ja projektiot sekä niiden sijoittaminen piirustusarkille.

Tältä perustalta käsitellään esimerkiksi leikkaukset ja leikkauskuvannot, kaaviot ja mitoitus. Samoin tutustutaan erilaisiin merkintöihin, kuten mittatoleranssit, geometriset toleranssit, sovitteet, pintamerkit, hitsausmerkinnät sekä pneumatiikan, hydrauliikan ja sähkötekniikan piirustusmerkit.

Opetuksen ja oppimisen tehostamiseksi asioita ja käsitteitä on havainnollistettu runsaan kuvituksen ja erilaisten esimerkkien avulla.

Kirjassa on esitetty CAD-piirtämiseen liittyvät yleiset perusasiat. Koska oppilaitoksissa ja konepajoissa on käytössä useita erilaisia piirustusohjelmia, kannattaa kirjan rinnalle ottaa oppilaitoksessa käytetyn piirustusohjelman oma ohjekirja (manuaali). Siitä selviää valitun piirustusohjelman tarkka käyttötapa.

Opiskelua ja oppimista auttavia harjoituksia ovat esimerkiksi kirjalliset tehtävät, kuvantojen täydentämistehtävät, piirustusten lukutehtävät, CAD-piirtämistehtävät, sekä työpajassa suoritettavat piirustuksiin liittyvät työharjoitukset. Nämä tehtävät auttavat erilaisten opiskelutilanteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Myöskin eriyttävä opetus on tehtävien avulla mahdollista.

Kirjan sisällössä painottuu työpajaharjoittelu. Tällöin koneenpiirustusten lukeminen ja käyttö liittyy varsinaiseen tuotantoon.

Kirjassa on koneenpiirustuksen keskeinen sanasto myös englanniksi. Sanasto on hyödyksi esimerkiksi CAD-manuaalien käytössä. Sanaston avulla kieliopintoja voidaan integroida ammattiaineiden kanssa.

Lähtökohta kirjan sisällölle on ollut nuorten ammatillinen koulutus, mutta lisäksi kirjaa voidaan käyttää myös aikuisten perus-, ammatti- ja erikoisammattitutkintoon valmentavassa koulutuksessa. Kirja sopii myös ammattikorkeakouluissa käytännön koneenpiirustuksen opiskeluun, varsinkin jos opiskelijalla ei ole aikaisempaa kokemusta teknisestä piirtämisestä.

Toivomme, että kirja palvelee käyttäjiään hyvin ja antaa hyvät eväät koneenpiirustusten piirtämiselle ja valmiiden piirustusten lukemiselle.

2013 Kouvolassa *Keijo Maaranen* ja Nurmijärvellä *Mika Heinonen*

Kirjan 2. painokseen on tehty pieniä päivityksiä sekä uusittu joitain kuvia ja tehtäviä, mutta opetuksessa kirja käy rinnan 1. painoksen kanssa.

sisällys

1 Koneenpiirustukset ja niiden tarkoitus

1.1 **Teknisten piirustusten ryhmittely ... 7**
Sisällön mukaan ... 7
Laatimistavan mukaan ... 10
Kertauskysymyksiä ... 13

2 Standardit

2.1 **Koneenpiirustusstandardit ... 15**
Kertauskysymyksiä ... 16

3 Piirustusvälineet

3.1 **CAD-ohjelmat ... 19**
3.2 **Tavanmukaiset piirustusvälineet ... 19**
Kertauskysymyksiä ... 21

4 Piirustuspohjat

4.1 **Piirustusarkkien koot ... 23**
4.2 **Otsikkoalue ... 23**
Kertauskysymyksiä ... 25

5 Mittakaavat

5.1 **Luonnollinen koko ... 27**
5.2 **Pienennykset ... 27**
5.3 **Suurennokset ... 28**
Kertauskysymyksiä ... 29

6 Viivat

6.1 **Erilaisia viivoja ... 32**
Kertauskysymyksiä ... 35

7 Tekstit ja numerot

7.1 **Koneenpiirustuksen tekstit ja numerot ... 37**
Kertauskysymyksiä ... 38

8 Kuvannot ja projektiot

8.1 **Kohtisuorat projektiot ... 41**
8.2 **Yhden käännön menetelmä ... 42**
8.3 **Projektioiden lukumäärä ... 43**
8.4 **Projektioiden sijoittaminen paperille ... 43**
Kertauskysymyksiä ... 44

9 Leikkaukset ja leikkauskuvannot

9.1 **Leikkauskuvantojen periaatteet ... 57**
9.2 **Leikkausten eri lajit ... 58**
9.3 **Leikkauksien merkintä ... 59**
9.4 **Kappaleen esittäminen katkaistuna ... 61**
9.5 **Säännöistä poikkeavat leikkaukset ... 61**
Kertauskysymyksiä ... 62

10 Mitoitus

10.1 **Yleistietoa ... 67**
10.2 **Mitoituksen osat ja niiden käyttö ... 67**
10.3 **Mitoitusmenetelmät ... 70**
Menetelmä 1 ... 70
Menetelmä 2 ... 70
10.4 **Mittalukujen tunnukset ... 71**
Halkaisija ... 71
Säde ... 71
Kartio ... 72
Toistuva elementti ... 73
Avainväli ja tasopinnat ... 73
Pallo ... 74
Kulma, jänne ja kaari ... 74
Paksuus ... 75
Viisteet ja upotukset ... 75
10.5 **Mittalajit ... 76**
Toiminnalliset mitat ... 76
Ei-toiminnalliset mitat ... 77
Apumitat ... 77
10.6 **Mitoitustavat ... 78**
Ketjumitoitus ... 78
Perusviivamitoitus ... 79
Jatkuva perusviivamitoitus ... 80
Jakovälimitoitus ... 80
Koordinaatiomitoitus ... 81
Lämpökäsittelyn merkintä ... 82
Kertauskysymyksiä ... 83

11 Toleranssit

11.1 **Toleranssikäsite ... 85**
11.2 **Toleranssin nimitykset ... 85**
11.3 **Yleistoleranssi ... 86**
11.4 **Vapaat toleranssit ... 86**
Kertauskysymyksiä ... 87

12 ISO-toleranssit ja sovitteet

12.1 **ISO-toleranssijärjestelmä ... 89**
Toleranssialueiden asemat ... 90
Toleranssien peruskäsitteitä ... 91
12.2 **ISO-sovitejärjestelmä ... 92**
12.3 **ISO-mittavälinejärjestelmä ... 105**
12.4 **ISO-toleranssien ja sovitteiden merkintä piirustuksiin ... 105**
Kertauskysymyksiä ... 108
Käytännön harjoituksia työpajalla ... 110

13 Geometriset toleranssit

13.1 **Geometristen toleranssien peruskäsitteet ja -elementit ... 116**
13.2 **Geometristen toleranssien merkintä piirustuksiin ... 116**

Toleroidun elementin esittäminen 118
Peruselementin esittäminen 120
Toleranssialueen rajoittaminen 122
Teoreettisesti oikea mitta 122
Siirretty toleranssialue 123
Menorajan periaate 124
Tiivistelmä geometristen toleranssien merkinnöistä ja tulkinnoista 124
13.3 **Geometriset yleistoleranssit 126**
Kertauskysymyksiä 128
Käytännön harjoituksia työpajalla 136

14 Pintamerkit ja pinnankarheus

14.1 **Kappaleen pinnan profiili 139**
14.2 **Perusmerkit ja lisämerkit 141**
Yleispintamerkki 144
14.3 **Esimerkkejä pintamerkkien sijoittamisesta piirustuksiin 145**
Kertauskysymyksiä 150
Käytännön harjoituksia työpajalla 152

15 Kierteet, ruuvit ja mutterit

15.1 **Kierreprofiilit ja kierteiden kaavioesitykset 155**
15.2 **Kierteen mitoitus ja merkinnät 159**
15.3 **Ruuvien ja muttereiden piirtäminen 162**
Kertauskysymyksiä 165
Käytännön harjoituksia työpajalla 166

16 Hitsausliitokset ja juotokset

16.1 **Perusmerkit ja lisämerkit 170**
16.2 **Hitsausmerkkien merkintä piirustuksiin 173**
Hitsin mitoitus 177
Kertauskysymyksiä 184
Käytännön harjoituksia työpajalla 188

17 Muototeräkset

17.1 **Teräsprofiilit ja teräslevyt 191**
Kertauskysymyksiä 194
Käytännön harjoituksia työpajalla 195

18 Yksinkertaistetut esitystavat

18.1 **Kierrereiät, vapaareiät ja upotukset 197**
18.2 **Keskiöporaukset 201**
18.3 **Laakerit ja tiivisteet 201**
18.4 **Hammaspyörät ja ketjupyörät 203**
18.5 **Voimansiirto 206**
18.6 **Jouset 207**
Kertauskysymyksiä 210
Käytännön harjoituksia työpajalla 210

19 Levityspiirustukset

19.1 **Suoran suorakulmaisen putken levitys 213**
19.2 **Suoran lieriömäisen putken levitys 214**
19.3 **Nelikulmaisen kulmakappaleen levitys 215**
19.4 **Lieriömäisen polviputken levitys 216**
19.5 **Katkaistun suoran ympyräkartion levitys ... 217**
19.6 **Katkaistun suoran särmäkartion levitys 219**
19.7 **Ilmastointikanavan vinon muutoskartion levitys 220**
19.8 **Neliö-lieriöyhdyskappaleen levitys 221**
Kertauskysymyksiä 224
Käytännön harjoituksia työpajalla 225

20 Piirustusten muutokset

Kertauskysymyksiä 231
Käytännön harjoituksia työpajalla 231

21 Hydrauliikka- ja pneumatiikkakaaviot

21.1 **Hydrauliikan ja pneumatiikan piirrosmerkit 233**
Käytännön harjoituksia työpajalla 240
Kertauskysymyksiä 241

22 Sähkökaaviot

22.1 **Sähkökaavioiden piirrosmerkit 244**
22.2 **Yksikkötunnukset sähkötekniikassa 254**
22.3 **Sähkömagneettisten releiden kosketintunnukset 258**
22.4 **Sähkötekniikan piirustuksia 259**
22.5 **Sähköpneumaattisia kaavioita 260**
Kertauskysymyksiä 264
Käytännön harjoituksia työpajalla 267

23 Koneenpiirustuksen päättötyö

Johdelaatan valmistaminen 269

1 Koneenpiirustukset ja niiden tarkoitus

Maailmassa valmistetaan paljon erilaisia koneita ja laitteita. Suunnittelijat suunnittelevat haluttuun tarpeeseen koneen tai laitteen, jolla saadaan tyydytetyksi asiakkaiden luoma kysyntä. Tällainen laite on esimerkiksi mopo. Mopon suunnittelussa suunnittelijan pitää ottaa huomioon muun muassa lainsäädäntö ja ostajien tarpeet. Kun suunnittelija on saanut valmiiksi suunnitelmansa esimerkiksi moposta, suunnitelma siirretään valmistukseen. Valmistamiseen tarvitaan koneenpiirustuksia, joiden avulla koneistajat, hitsaajat ja asentajat tekevät toimivan koneen. Koneenpiirustukset tekee suunnittelija. Suunnittelijat tekevät koneenpiirustukset sovittujen sääntöjen eli standardien mukaan.

Koneenpiirustuksilla esitetään täsmällisesti ne asiat, jotka suunnittelija tahtoo valmiiseen tuotteeseen. Lisäksi tarkoituksena on, että piirustuksessa esitettävä kappale voidaan valmistaa uudestaan samanlaisena ja samoin laatuvaatimuksin missä tahansa konepajassa Suomessa ja ulkomailla.

Koneenpiirustuksen ymmärtäminen ja sen mukainen oikeanlaisen kappaleen valmistaminen ovat välttämätön taito koneistajille, hitsaajille ja asentajille. Ammattilaiset, jotka eivät osaa lukea ja laatia piirustuksia, ovat avuttomia työssään. Piirustusten ymmärtämis- ja laatimistaito saavutetaan piirtämällä aivan kuin kirjoitustaito kirjoittamalla.

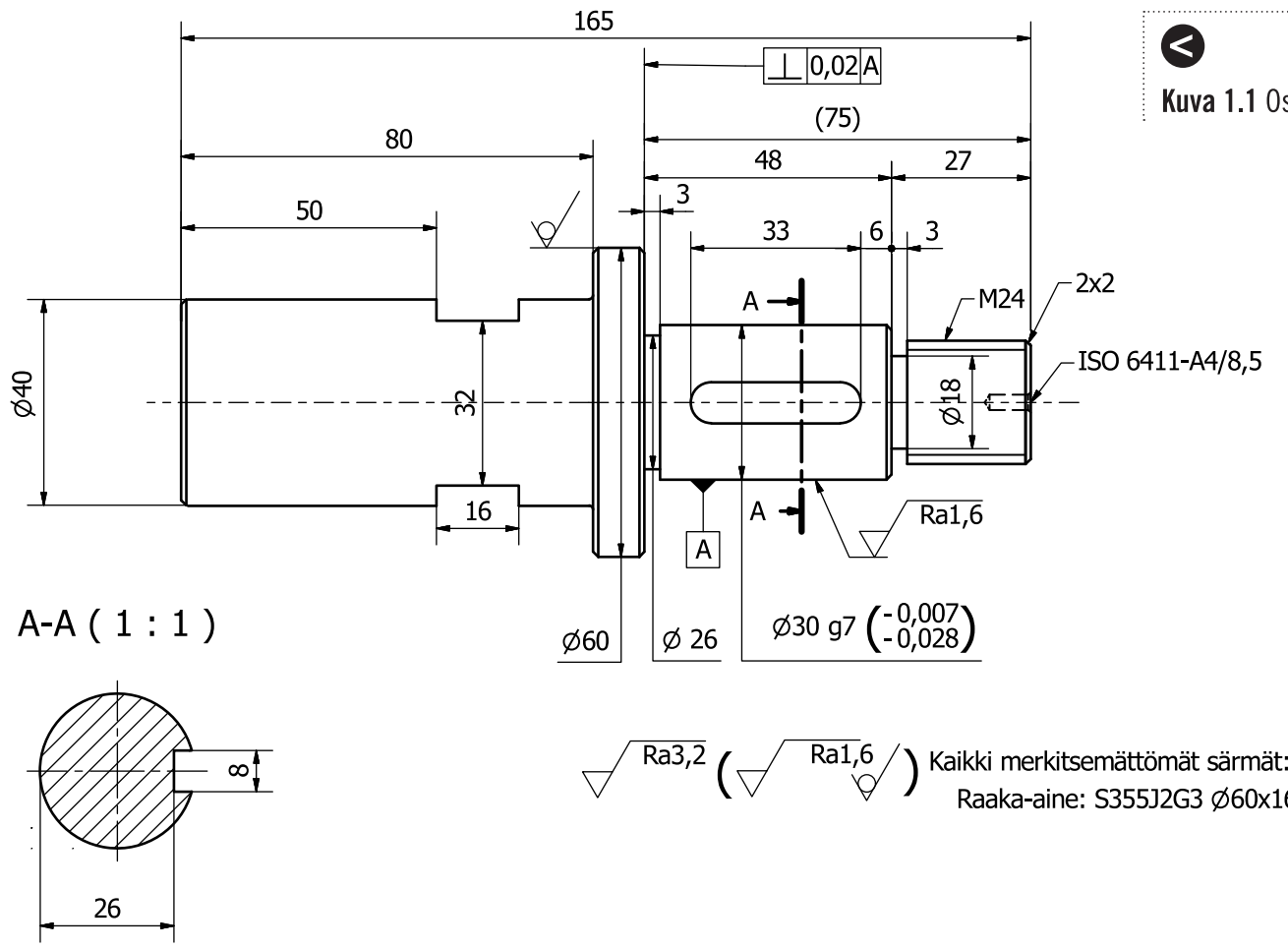
piirtää *draw*
piirustus *drawing*

1.1 Teknisten piirustusten ryhmittely

Kone- ja metallitekniikan piirustuksia nimitetään koneenpiirustuksiksi. Ne voidaan jakaa ryhmiin:

Sisällön mukaan

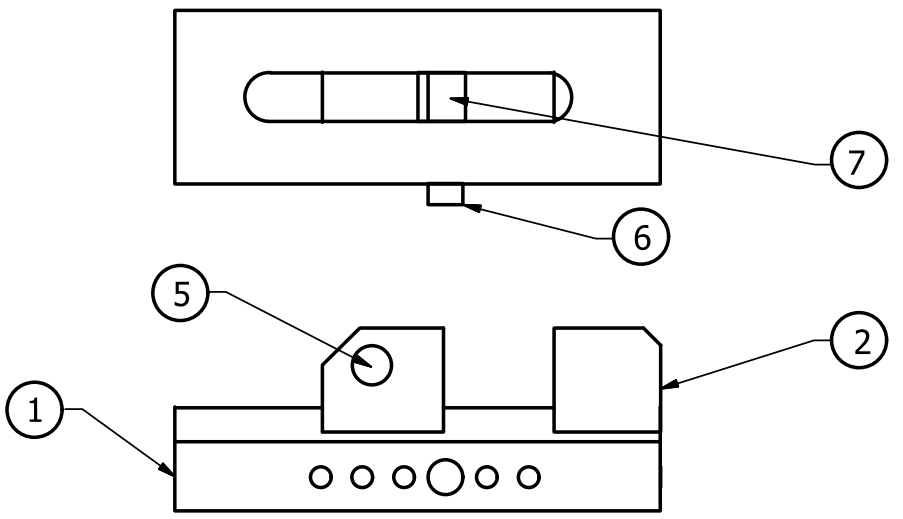
a. **Osapiirustukset** ovat piirustuksia, joiden mukaan kappaleet valmistetaan. Niistä ilmenevät kappaleen muoto, mitat, pinnan laatu ja muut valmistamiseen tarvittavat tiedot.



Kuva 1.1 Osapiirustus akselista.

b. **Kokoonpanopiirustukset** ovat piirustuksia, joiden mukaan osapiirustuksista kootaan laite.

Kuva 1.2 Koneruuvipuristimen kokoonpanopiirustus.



Osaluettelo			
Osa	kpl	Osanumero	Nimitys
8	1	DIN 6912-M8x40	Kuusiokoloruuvi
7	1	135-200-3000	Vastin
6	1	135-233-3000	Lukitustappi
5	1	135-244-3000	Tappi
4	4	DIN 6912-M10x50	Kuusiokoloruuvi
3	1	144-451-3210	Siirtyvä leuka
2	1	144-351-4100	Kiinteä leuka
1	1	144-211-1230	Runko

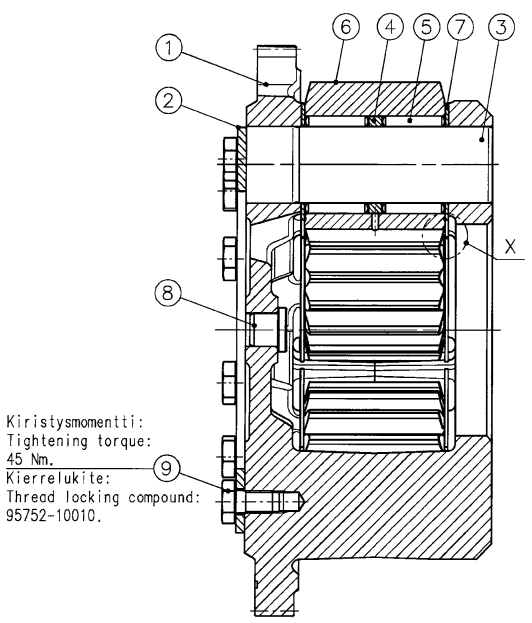
Pääkokoonpanopiirustus esittää konetta tai laitetta, esim. mopoa valmiina.

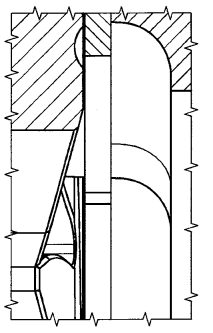
Osakokoonpanopiirustus esittää jonkin koneen osakokonaisuutta esim. mopon moottoria.

c. **Räjäytyskuvat** ovat kuvia, joissa havainnollistetaan osien kokoonpanojärjestys. Näiden kuvien käyttö on yleistynyt kokoonpanoissa. Lisäksi niitä käytetään esimerkiksi autojen varaosaliikkeissä varaosien esittämiseen ja etsimiseen.

d. **Erikoispiirustukset** ovat mitta- ja voitelupiirustuksia.

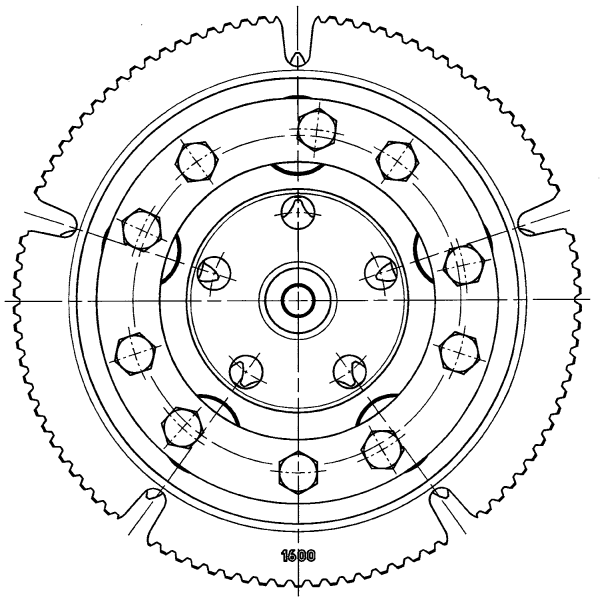
Kuva 1.3 Kokoonpanokuva napavaihteesta ja sen räjäytyskuva.

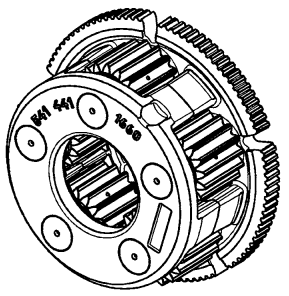


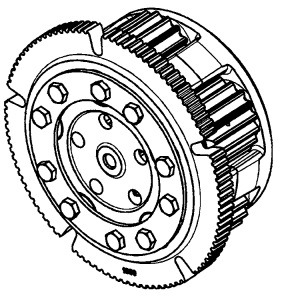


Detail X (4:1)

Viistetyt hampaiden sivut.
Chamfered flank face.







Item	Qty	Name	Part #
9	10	Kuusioruuvi	90303-10203
8	1	Vastintappi	141-581-0001
7	10	Liukulevy	590-353-1400
6	5	Planeettapyörä	535-241-1510
5	260	Neularulla	090-005-0530
4	5	Välirengas	090-353-5000
3	5	Planeettapyörän akseli	535-251-1710
2	1	Lukituslevy	535-259-0311
1	1	Planeettakantaja	541-441-1600

Suhde Scale 1:2 | Terävät särmät poistetaan. Sharp edges to be removed. | Työtapakoht. toleranssit Dimensional tolerances | Piirt. Drawn HKy 2003-04-28 | Materiaali/Kuvaus Material/Description i=3.636

Mitat Dimensions mm | Pinnat Surfaces Ra (µm) | ISO 9013-11B DIN 6930-m ISO 13920-BF ISO 2768-mK | Hyväks. Appr. Jte 2004-05-28 | Massa Weight 22.4 kg

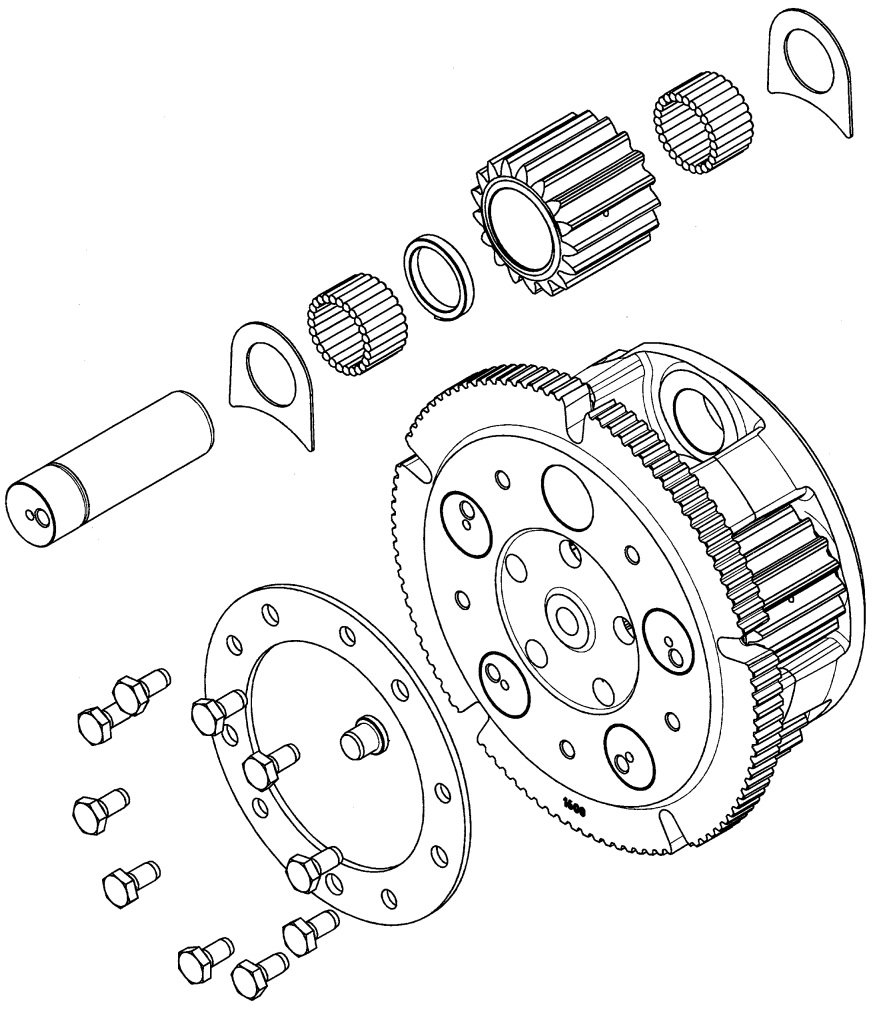
Hitsausmerkinnät Welding symbols ISO 2553 | Viimeinen muutos / Latest revision | Muutt. Changed | Hyväks. Appr. | Tuote Product SISU AXLES

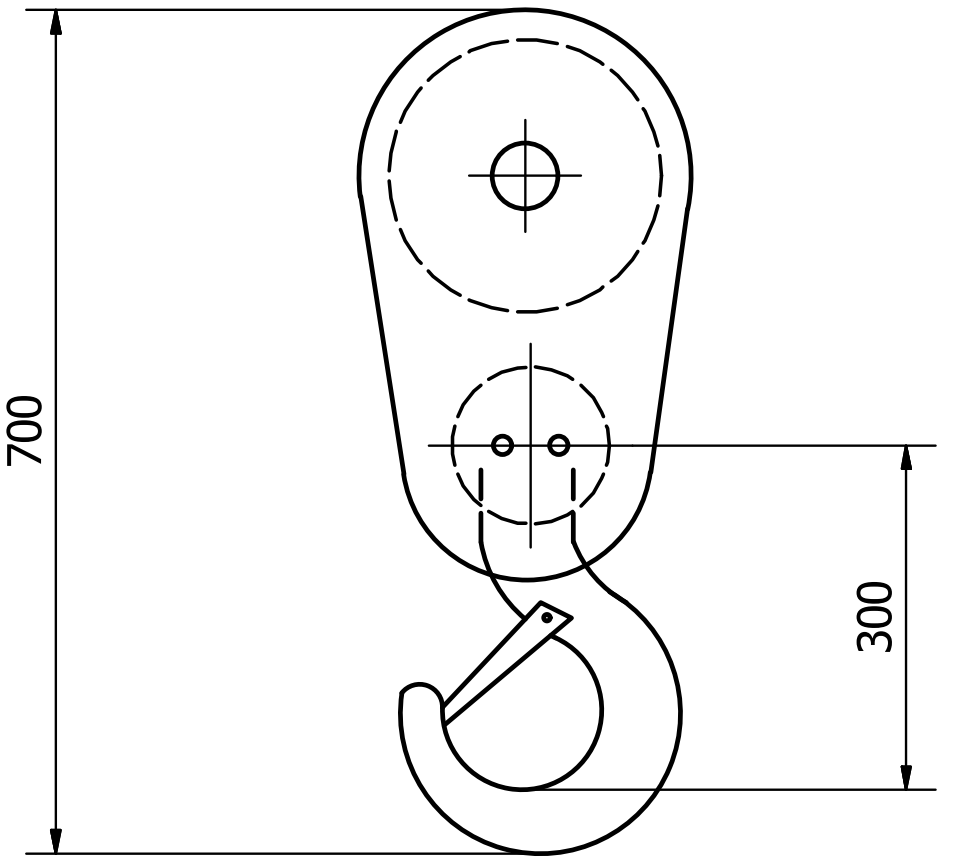
Piirustuksen nimi Title: Planeettapyörästö i=3.636 / Planetary gear i=3.636

Piirustusk. Drawing size: C

Piirustus n:o Drawing no: 541-404-0211

Muutos Revision | Lehti Sheet 1/2





Kuva 1.4 Mittapiirros.

Laatimistavan mukaan

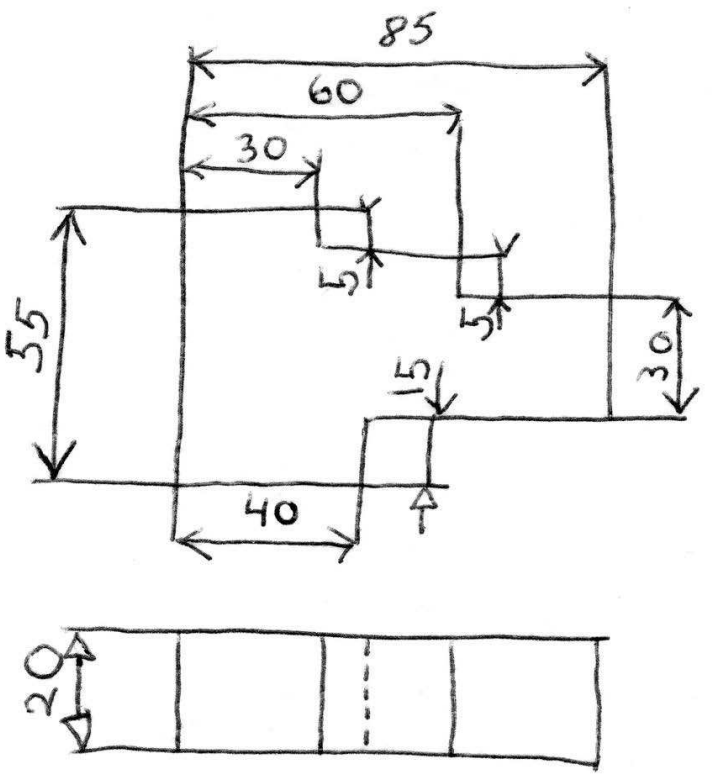
a. **Luonnokset** esittävät kappaleen mahdollisimman yksinkertaisin keinoin. Piirustus piirretään käsivaraisesti, ja se voi olla piirretty mittakaavaan tai ei. Tärkeää on kuitenkin, että kaikki kappaleen valmistamiseen tarvittavat mitat ovat piirustuksessa. Luonnos piirretään usein valmiin esineen mukaan.

b. **Puhtaaksipiirustukset** jaetaan kahteen ryhmään:

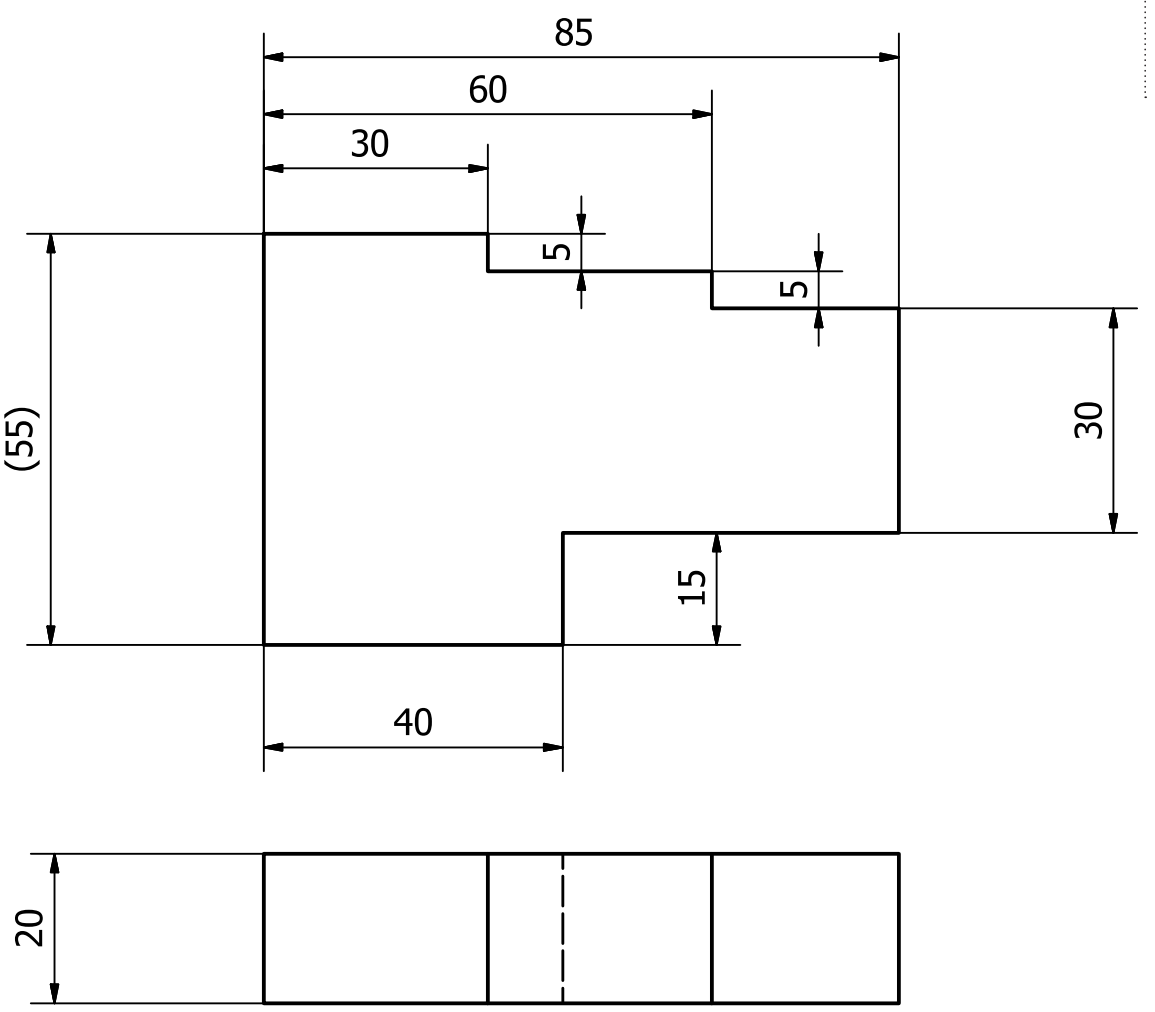
1. **CAD-piirustuksiin**, jotka tehdään tietokonetta ja tietokone ohjelmia hyväksi käyttämällä. Näille piirustuksille on ominaista helppo muunneltavuus ja tulostaminen. Lisäksi tietokoneen kuvaputkella voidaan testata osien yhteen sopivuutta ja kokoonpantavuutta. CAD-piirtäminen on yleistynyt ja suurin osa teollisesta piirtämisestä on nykyisin tietokoneavusteista piirtämistä.

2. Muilla menetelmillä tehtyihin piirustuksiin eli **lyijykynä- ja tussipiirustukset.** Varsinkin tussipiirtämisen osuus on vähentynyt paljon. Työpajoissa tavataan kuitenkin vielä tussilla piirrettyjen kappaleiden kuvia. Tussilla piirretään kalvolle kappaleen kuva. Kalvolta kopioidaan piirustus paperille työkuvaksi. Lyijykynä piirustuksia käytetään lähinnä yksittäisten kappaleiden valmistamiseen yhteydessä. Yleensä kun käytettävissä ei ole CAD-piirustusmahdollisuutta, turvaudutaan lyijykynällä piirtämiseen.

luonnos	*draft*
kaaviokuva	*graph*
laatu	*quality*

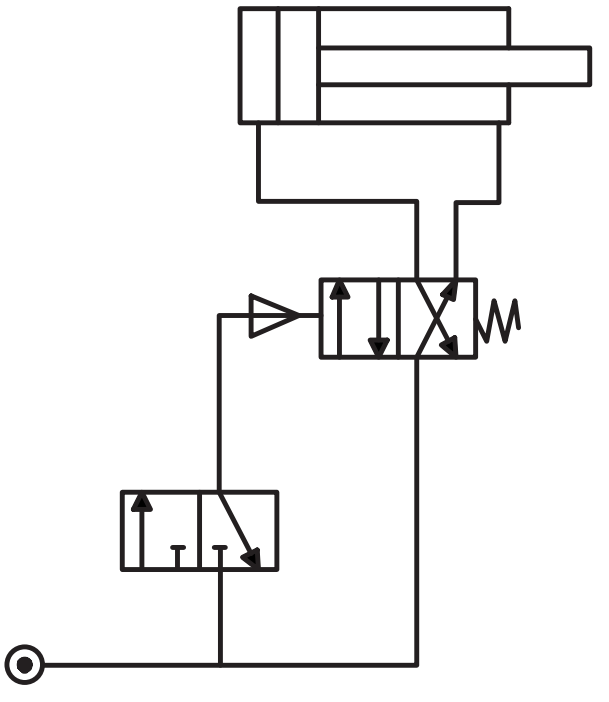


Kuva 1.5 Luonnos piirrettynä paperille.



Kuva 1.6 Edellisen kuvan luonnoksesta puhtaaksi piirretty CAD-kuva.

c. **Kaaviopiirustuksiksi** nimitetään yksinkertaistettuja piirustusesityksiä, joilla kuvataan vakiomuotoisia ja tavanomaisia koneenosia, kuten kierteitä, muttereita, jousia ja hammaspyöriä.



Kuva 1.7 Kaaviopiirustus.

Koneenpiirustuksiin liittyviä standardeja

- **SFS-KÄSIKIRJA 1** Standardit ja standardisointi
- **SFS-KÄSIKIRJA 22-1** Tekniset tuoteasiakirjat. Osa 1: Yleiset esittämisperiaatteet
- **SFS-KÄSIKIRJA 22-2** Tekniset tuoteasiakirjat. Osa 2: Koneenpiirustus
- **SFS-KÄSIKIRJA 22-3** Tekniset tuoteasiakirjat. Osa 3: Kaaviot
- **SFS-KÄSIKIRJA 174-3** Tekninen dokumentointi. Osa 3: Piirustusten, kaavioiden, osaluetteloiden ja ohjeiden laatiminen

kertauskysymyksiä

1. Minkälaisia koneenpiirustuksia on olemassa, ja mihin tarkoituksiin niitä tehdään?

2. Mikä ohjaa ja määrittelee säännöt koneenpiirustuksien tekemisessä?

3. Miksi on hyvä opetella luonnosten tekeminen?

4. Tee opettajan antamasta kappaleesta käsivaraisesti luonnos ja piirrä se lopuksi puhtaaksi lyijykynää, viivoitinta ja muita piirustusapuvälineitä hyväksi käyttämällä.

2 Standardit

2.1 Koneenpiirustusstandardit

Koneenpiirustukset tehdään standardien mukaan. Suunnittelijat käyttävät paljon aikaa standardien opiskeluun, koska ilman niiden hallitsemista he eivät pystyisi suunnittelemaan osia luotettavasti.

Standardit ovat samantapainen asia kuin liikennesäännöt. Molemmissa sovitaan yhdessä kansainvälisesti, miten toimitaan. Koneenpiirustusten osalta sovitaan, millä tavalla piirustus piirretään, miten esitetään mittaluvut tai minkä vahvuisella viivalla piirretään muotoviivat. Nämä asiat on yhdessä sovittu ja niistä on määritelty standardi, jota käytetään maailmanlaajuisesti.

Standardien opettelu voi tuntua puisevalta ja vaikealta, mutta ne oppii kuitenkin kohtuullisella vaivannäöllä. Standardien hallinta on osa koneistajien, hitsaajien ja asentajien ammattitaitoa. Konealan ammattilaisen on hallittava koneenpiirustus, vaikka suunnittelijat yleensä tekevätkin koneenpiirustukset.

Ammattilaisen on osattava tulkita piirustusta ja tehtävä kuvan mukainen tuote. Joskus on hyvä myös neuvoa suunnittelijaa, jotta hän osaa ottaa huomioon tuotteen valmistettavuuden piirustusta laatiessaan.

Koneenpiirustus perustuu standardiin, jossa on sovittu, miten asiat esitetään piirustuksissa.

Standardointi jakaantuu eri tasoille. Kansainväliset standardointijärjestöt sopivat maailmanlaajuisesti asioista. Mekaanisen puolen standardoimisen asioista sovitaan ISO (International for Standardization) -järjestössä. Kansalliset järjestöt taas vahvistavat omissa maissaan kansainväliset standardit.

Suomessa standardisoinnin keskusjärjestö on Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Se vahvistaa ja julkaisee kansalliset SFS-standardit, osallistuu kansainväliseen standardisointitoimintaan ja välittää kansainvälisiä ja eri maiden kansallisia standardeja sekä tietoja eri maissa tapahtuvasta standardisoinnista ja teknisistä viranomaismääräyksistä. SFS toimiin osana eurooppalaisia standardoimisjärjestöjä CEN, CENELEC ja ETSI.

Tässä kirjassa on käytetty hyväksi viimeisimpiä standardeja. Standardit kuitenkin muuttuvat ajan mittaan. Syynä ovat eri toimialojen sisällä tapahtuvat muutokset. Standardisoimisliitto tekee yhteistyötä eri alojen toimialayhteisöjen kanssa. Toimialayhteisöt tekevät ehdotuksia standardien muuttamiseksi, ja Standardisoimisliitto tekee muutokset ja vahvistaa ne. On siis aina hyvä hankkia käyttöönsä viimeisemmät standardit. Lisäksi koneenpiirustuksia luettaessa on hyvä muistaa, ettei niitä aina ole piirretty viimeisemmän standardien mukaisesti.

Kuva 2.1 Mekaanisten standardien määräytyminen kansainvälisesti.

Koneenpiirustuksiin liittyviä standardeja

- **SFS-KÄSIKIRJA 1** Standardit ja standardisointi
- **SFS-KÄSIKIRJA 22-1** Tekniset tuoteasiakirjat. Osa 1: Yleiset esittämisperiaatteet
- **SFS-KÄSIKIRJA 22-2** Tekniset tuoteasiakirjat.Osa 2: Koneenpiirustus
- **SFS-KÄSIKIRJA 22-3** Tekniset tuoteasiakirjat. Osa 3: Kaaviot
- **SFS-KÄSIKIRJA 174-3** Tekninen dokumentointi. Osa 3: Piirustusten, kaavioiden, osaluetteloiden ja ohjeiden laatiminen

1. Tutustu oppilaitoksen kirjastossa ja osastolla oleviin standardeihin. Ovatko ne ajan tasalla?

2. Kuka julkaisee Suomessa standardeja?

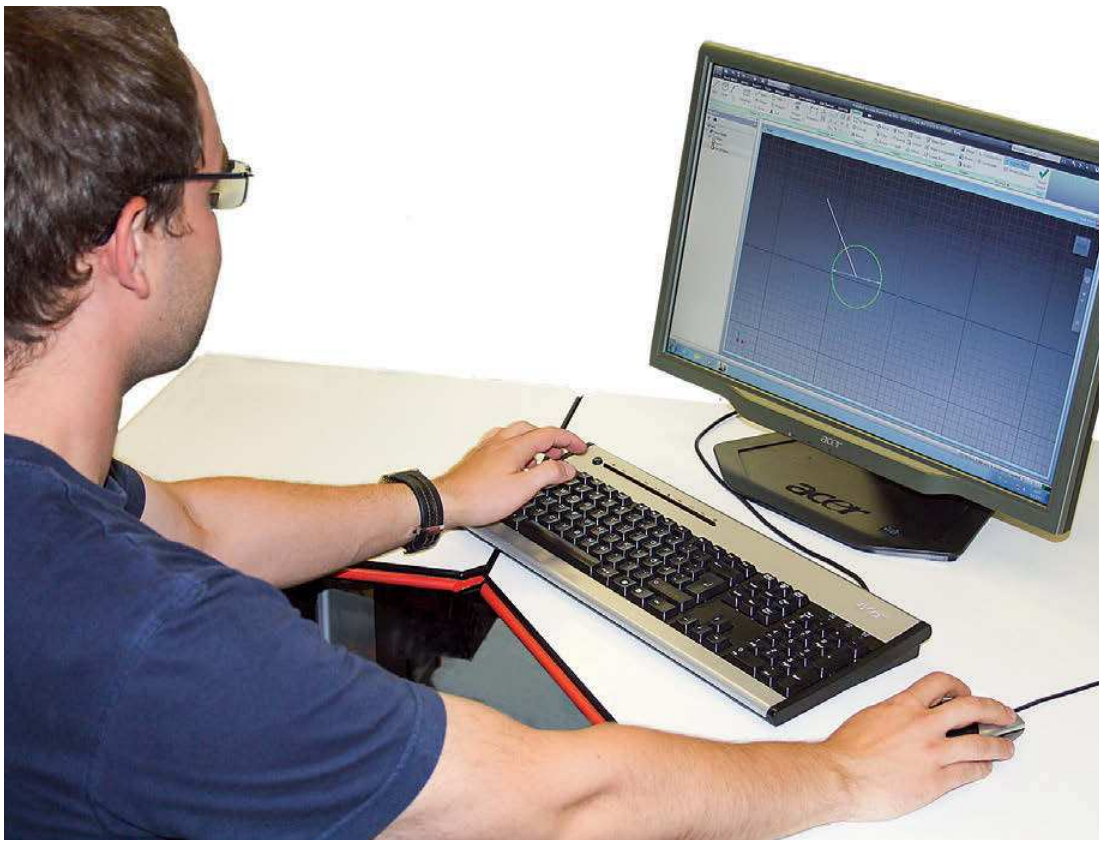
3. Käy tutustumassa sivustoon www.SFS.fi. Miten standardit on ryhmitelty?

4. Tutustu edellisen tehtävän sivustolla kohtaan ”Standardi tutuksi”
   Selvitä, mitä tarkoittaa merkintä SFS-ISO 128-1.

3 Piirustusvälineet

3.1 CAD-ohjelmat

Nykyisin valtaosa piirustuksista tehdään tietokoneella. Vielä 1980-luvulla koneenpiirustukset tehtiin pääasiassa piirustuslaudoilla, piirtämällä käsin tussilla kuultopaperille. Mikrotietokoneiden edullinen hintakehitys ja suorituskyvyn nopea kasvu ovat tehneet mahdolliseksi CAD-ohjelmien laajamittaisen käytön. Samalla tavanmukainen tussilla piirtäminen on loppunut lähes kokonaan. CAD-ohjelmat ovat helppokäyttöisiä ja visuaalisia, ja niiden avulla pystytään nopeasti siirtymään 2D-suunnittelusta 3D-malleihin. Mallinnuksella pystytään helposti selvittämään kappaleiden yhteen sopivuudet ja kappaleiden välisien liikkeiden törmäystarkasteluita voidaan myös suorittaa helposti. CAD-ohjelmilla piirrettäessä kappaleiden mitoitusten, muutosten ja kuvantojen tekeminen on helppoa ja nopeaa.



Kuva 3.1 Suunnittelija työssään.

CAD-ohjelmia on markkinoilla runsaasti. Niitä ovat muun muassa *AutoCad*, *CATIA*, *Inventor, SolidWorks, CADS* ja *Vertex*. Yritykset valitsevat itselleen käyttötarkoituksiinsa sopivan ohjelman eri vaihtoehdoista. Ohjelmien perusrakenne on yleensä samantyyppinen. Ne ovat myös moduulisia: perusohjelmaa voidaan täydentää lisäohjelmilla esimerkiksi mallinnuksen, varjostuksen ja animaation tekoon.

Tässä kirjassa ei perehdytä erikseen mihinkään yksittäiseen CAD-ohjelmaan vaan harjoitukset tehdään käytössä olevalla CAD-ohjelmalla.

3.2 Tavanmukaiset piirustusvälineet

Vaikka tietotekniikka on vallannut koneenpiirustuksen tekemisen, aluksi on hyvä harjoitella käsin piirtäminen. **Käsin piirtämällä oppii parhaiten kappaleen käännöt ja mitoittamisen säännöt.** Valmistettavasta kappaleesta joudutaan myös usein tekemään luonnos käsivaraisesti, jolloin on välttämätöntä osata piirtää koneenpiirustus käsivaraisesti.

Lyijykynän käyttö soveltuu hyvin luonnosten- ja käsin piirrettyjen koneenpiirustusten tekemiseen. Lyijykynällä voi piirtää ruutupaperille tai kuultopaperille. Kuultopaperille piirrettäessä käytetään kovempaa lyijyä

kuin tavalliselle paperille piirrettäessä. Lyijykynällä piirrettäessä pitää ottaa huomioon, että viivojen leveyksien tulee tarvittaessa erottua toisistaan. Mittaviivat ja muotoviivat pitää pystyä erottamaan toisistaan.

Lisäksi tavanmukaisiin piirustusapuvälineisiin kuuluvat mallineet. Mallineita on todella runsaasti eri tarkoituksiin. Niitä ovat muun muassa kirjasin-, ympyrä-, ellipsi-, pneumatiikka- ja mutterimallineet.

Käytössä on myös suuri joukko muita piirustusvälineitä. Viivaimet, suhdeviivaimet ja harpit jatkovarsineen ovat edelleen koneenpiirustuksia tehtäessä tarpeen.

Kuva 3.2 Mallineita ja suhdeviivaimia.

kaari	*arc*	peilata	*mirror*
keskipiste	*centre*	muokkaus	*modify*
keskiviiva	*centre line*	siirtää, liikuttaa	*move*
muuttaa	*change*	vähentää, pienentää	*reduce*
myötäpäivää	*clockwise*	toistaa	*repeat*
sulkea	*close*	pyörähdyskappale	*revolve*
käsky	*command*	kierto	*rotation*
kopioida, kopio	*copy*	tallentaa	*save*
kursori	*cursor*	skaalata	*scale*
poistaa, tuhota	*delete*	valita	*select*
muokata, editoida	*edit*	asetus	*setting*
loppu, lopettaa	*end*	tilavuusmalli	*solids*
poistaa	*erase*	lyhentää	*shorten*
jatkaa (viivaa tms.)	*extend*	venyttää	*stretch*
pursotus	*extrude*	poistaa	*subtract*
tiedosto	*file*	käännös	*translation*
täyttää	*fill*	perua	*undo*
vapaankäden piirtäminen	*free hand drawing*	yhdistää	*unite*
		3D-näkymä	*3D-viewpoints*

kertauskysymyksiä

1. Selvitä, minkälaisia CAD-ohjelmia oppilaitoksessasi on käytössä.

2. Tutustu oppilaitoksesi piirustusapuvälineisiin. Luettele, millaisia apuvälineitä oppilaitoksessasi on käytössä.

3. Miksi kannattaa opetella piirtämään käsin, vaikka oppilaitoksessa on käytössä CAD-ohjelmisto, joka helpottaa piirtämistä?

4. Miksi luonnostelussa kannattaa käyttää ruutupaperia?

4 Piirustuspohjat

Piirustuspohjien materiaalit ovat piirustuslautatyöskentelyssä kuultopaperi ja piirustusmuovi. Samoja materiaaleja voidaan käyttää CAD-työskentelyssä tulostuspapereina. Lisäksi CAD:llä piirrettyjä kuvia voidaan tulostaa paperille käytössä olevasta tulostimesta.

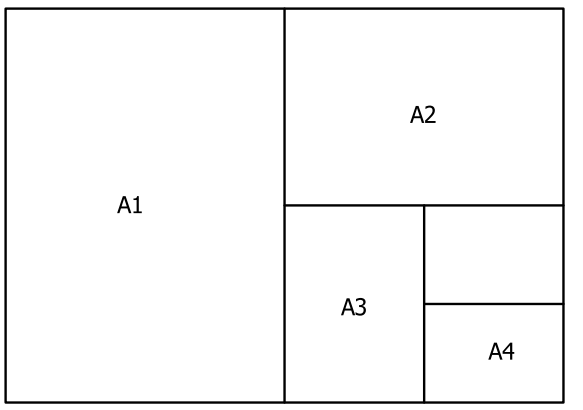
Luonnospaperiksi soveltuu parhaiten 5 mm:n ruuduilla varustettu lehtiöpaperi tai A4-kokoinen vihko, jossa on 5 mm:n ruudut. Tällöin voidaan luonnoksen käsivaraisessa piirtämisessä käyttää hyväksi lehtiöpaperin tai vihkon ruudukkoa apuruudukkona, minkä avulla piirustuksesta saadaan selkeämpi puhtaaksi piirtämistä varten.

4.1 Piirustusarkkien koot

Piirustusarkit ovat määräsuuruisia, ja niiden koko on määritetty standardissa. Syynä on se, että piirustuksia voidaan siten kätevästi säilyttää arkistossa ja jäljentää kopiokoneella. Piirustuspohjien koot ja CAD:n tulostuskoot noudattavat standardisoituja A-kokoja. Standardi määrittelee piirustusarkkien koot, ja se on vaatimuksiltaan yhtenäinen kansainvälisen standardien kanssa.

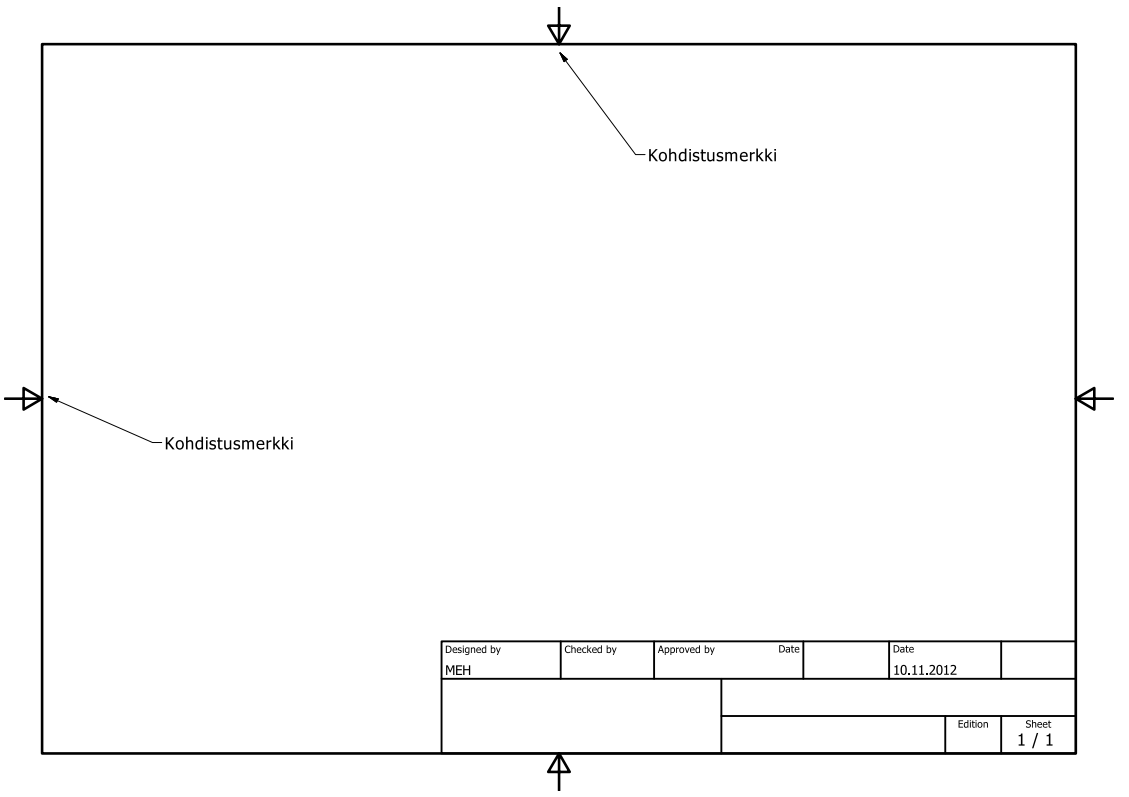
Standardissa suurimman eli A0-kokoisen paperin pinta-ala on 1 m^2. Puolittamalla koko A0 saadaan kaksi A1-kokoa. Puolittamalla A1-koko taas saadaan kaksi A2-kokoa. Kuvassa 4.1 esitetään, miten eri piirustuskoot jaetaan pienempiin kokoihin.

Standardi määrittelee monia yksityiskohtia, kuten paikannusruudukon, kohdistusmerkit kulmissa ja keskitysmerkit sivujen keskellä. Rajausviivan ja piirustuskoon viivan väli on A0- ja A1-kokoisissa piirustuksissa 20 mm ja pienemmissä vasemmalla 20 mm ja muilla sivuilla 10 mm.



Kuva 4.1 Piirustusarkin kokojen määritys.

KOKO	MITAT
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297



Kuva 4.2 Kohdistusmerkkejä.

4.2 Otsikkoalue

Koneenpiirustuksissa käytetään otsikkoaluetta, johon sijoitetaan piirustuksen käyttäjän kannalta tärkeitä tietoja, kuten tieto piirustuksen omistajasta, laatijasta, laatimispäivästä, mittakaavasta, tarkastajasta ja siitä, mihin piirustus kuuluu.

Otsikkoalue sijoitetaan piirustuksen yleensä oikeaan alanurkkaan. CAD-piirustusohjelmat sijoittavat otsikkoalueen automaattisesti oikeaan paikkaan. CAD-ohjelmissa on myös mahdollisuus muuttaa otsikkotaulun paikkaa tarpeen mukaan.

Jos piirustuksessa esitetty tuote tehdään useammasta osasta, otsikkotaulun yläpuolelle kirjoitetaan osaluettelo, jossa annetaan tietoja piirustuksessa esitetyn kappaleen osanumerosta ja raaka-aineen laadusta, määrästä, muodosta ja mitoituksesta, kuten piirustuksen 140-351-3500 osaluettelosta havaitaan.

Kuva 4.3 Otsikkoalue ja osaluettelo osakokoonpanosta.

OSALUETTELO

OSA	kpl	Nimitys	Aine,Mitat, Muoto, Malli	Lisätietoja
1	1	Vipu	140-350-3250	
2	1	Rengas	144-241-2100	
3	1	Kiila	St 60-2K 6x6x20	
4	1	Kuusioruuvi	DIN 6912 - M10x50	
5	1	Kuusiomutteri	DIN 439 M10	

Yleistoleranssi	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimi
SFS-ISO 286-1	1:1		VAUNU	SIIRTOVIPU

Piirt.	Mhe 12.12.2011			Ent. 140-350-3500	Uusi
Suunn.	KMa 11.1.2012		MiHe Oy	140-351-3500	
Tark.	TUs 30.4.2012	Massa 3,3 Kg			
Hyv.	TUs 30.4.2012				

Otsikkoalueesta 4.3 voidaan todeta seuraavat asiat:

- Piirustuksen omistaa MiHe Oy.
- Koneenpiirustus esittää siirtovipua.
- Piirustuksen numero on 140-351-3500.
- Piirtäjä on MiHe, ja piirustus on valmistunut 12.12.2011.
- Piirustuksen tarkastaja on ollut KMa, ja se on tarkastettu 11.1.2012.
- Piirustuksen on hyväksynyt tuotantoon TUs.
- Piirustus on piirretty eurooppalaisella projisointitavalla.
- Piirustuksen mittakaava on 1:1.
- Piirustukseen kuuluu viisi osaa, ja kaikkia osia on yksi kappale.
- Kaksi osaa valmistetaan toisella piirustuksella. Tämä piirustus kuvaa osakokoonpanoa.
- Standardiosat on nimetty ja merkitty osaluetteloon.
- Kuvan osa painaa 3,3 kg.

pohja	*base*
otsikko	*heading*
osa	*part*
nimitys	*designation*
koko	*size*

Piirustuspohjiin liittyviä standardeja

- **SFS-EN ISO 5457** Tekninen tuotedokumentointi. Piirustuspohjien koot ja rakenne
- **SFS-ISO 128-1** Tekniset piirustukset. Yleiset esittämisperiaatteet. Osa 1: Johdanto ja hakemisto
- **SFS-ISO 7573** Tekniset tuoteasiakirjat. Osaluettelot
- **SFS-EN 62027** Osaluetteloiden laatiminen
- **SFS-EN ISO 7200** Tekninen tuotedokumentointi. Otsikkoalueen ja asiakirjan ylätunnisteen tietokentät

1. Kuinka monta A4 arkkia saa leikatuksi A0-arkista?

2. Mitä tietoja saadaan otsikkotaulusta?

3. Selvitä opettajasi antamasta otsikkotaulusta seuraavat asiat:

a) Kuka kuvan on piirtänyt?

b) Milloin kuva on piirretty?

c) Kuka on tarkastanut piirustuksen?

d) Mistä materiaalista kappale tehdään?

5 Mittakaavat

Koneenpiirustukset piirretään määrättyyn mittakaavaan. Jokaisen etäisyyden piirustuksessa tulee olla tietyssä suhteessa eli mittakaavassa kappaleen todelliseen etäisyyteen. Piirustuksessa käytetty mittakaava ilmoitetaan otsikkotaulussa.

5.1 Luonnollinen koko

Piirustus on piirretty luonnolliseen kokoon, kun sen mittakaava on 1:1. Luonnolliseen kokoon piirtäminen on paras tapa koska silloin piirretty kappale on todellisessa koossa ja antaa oikeimman käsityksen kappaleesta. Luonnollisen kokoon piirretyssä kuvassa kaikki kuvatason etäisyydet ovat kappaleen todellisia etäisyyksiä. (Kuva 5.1.)

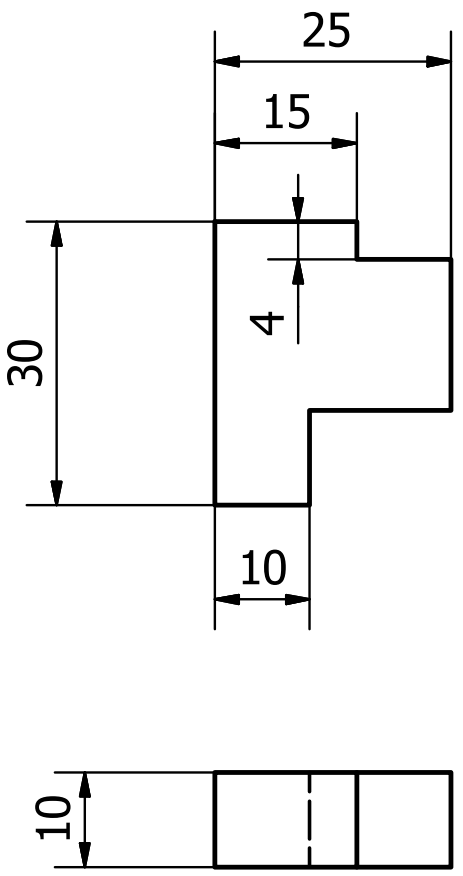
5.2 Pienennykset

Kun kappale on niin suuri, ettei se mahdu luonnollisessa koossa paperiarkille, piirustuksen mitat täytyy pienentää, jolloin kappaleen kaikki mitat pienevät samassa suhteessa pienemmiksi. Mitat pienennetään standardin mukaan.

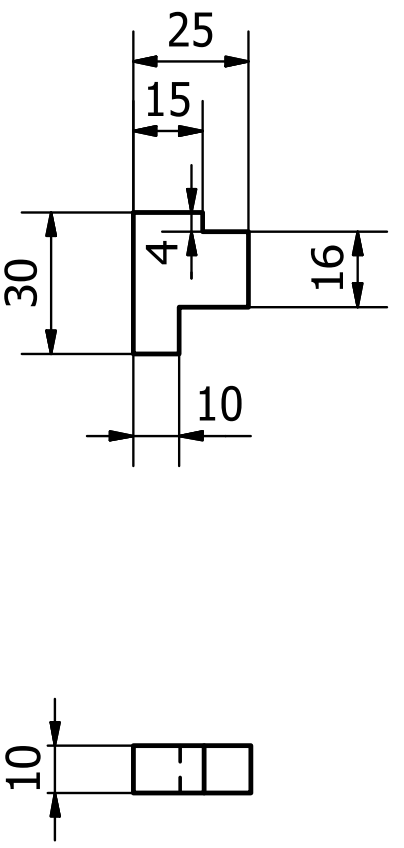
Standardin mukaan pienennykset ovat 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500 ja 1:1000.

Esimerkiksi piirustuksen otsikkotauluun tehty merkintä 1:2 tarkoittaa sitä, että kappaleen jokainen mitta on piirretty puolet lyhyemmäksi kuin kappale olisi luonnossa.

Kuva 5.1 Kappale on piirretty mittakaavassa 1:1.



Kuva 5.2 Edellisen kuvan 5.1 kappale on piirretty mittakaavassa 1:2.

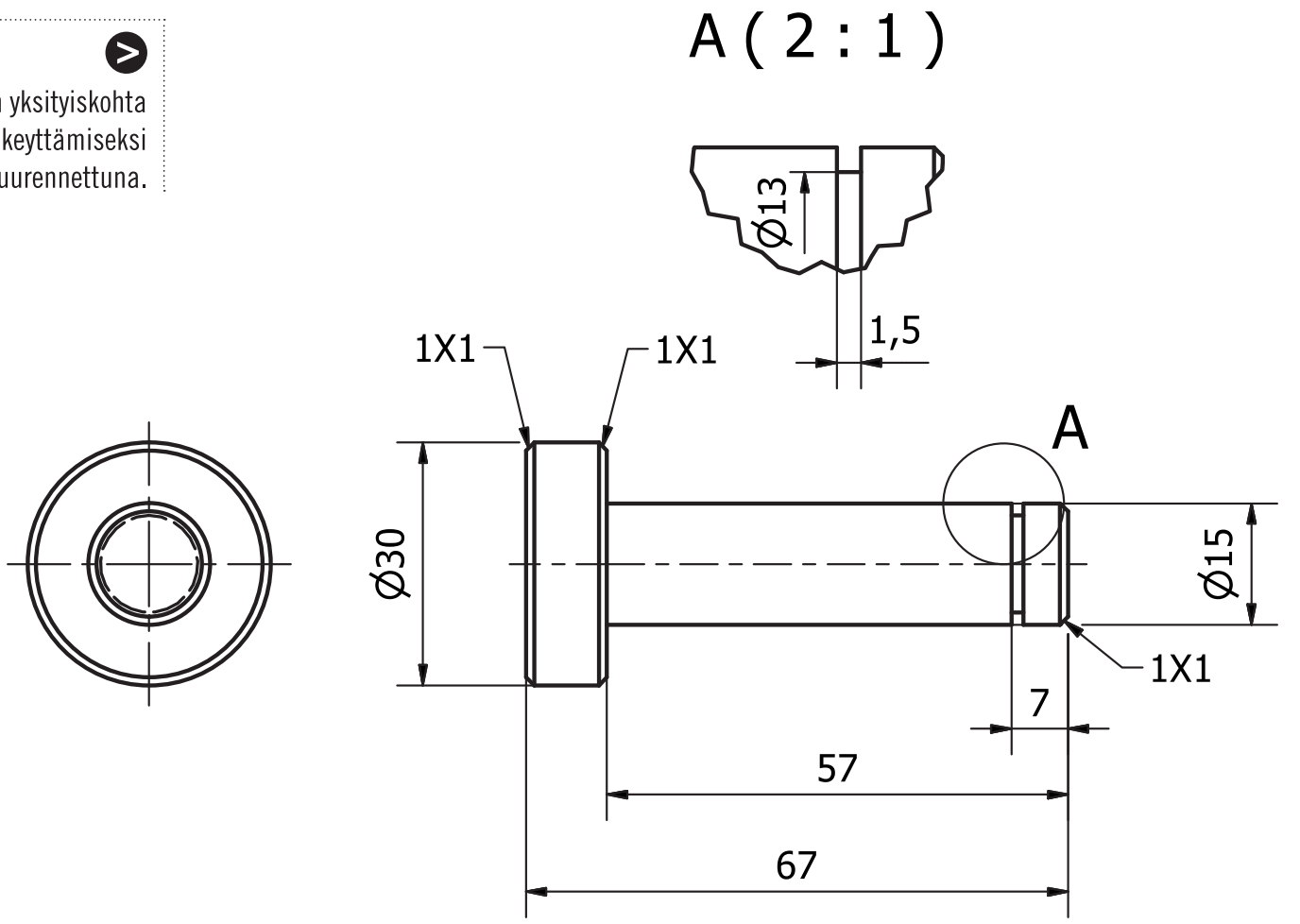


5.3 Suurennokset

Joskus valmistettavat kappaleet ovat niin pieniä, että piirustuksesta on vaikea saada selvää sen kaikista yksityiskohdista selkeästi. Tällaisissa tapauksissa se piirretään suurennettuna.

Tavallisemmat suurennukset ovat standardin mukaan 2:1, 5:1 ja 10:1.

Lisäksi joskus kappaleesta tarvitsee esittää jokin yksityiskohta suurennettuna. Tällöin piirretään osasuurennus kyseisestä kohdasta selvittämään paremmin kappaleen yksityiskohtaa.



Kuva 5.3 Kappaleen yksityiskohta esitetään mitoituksen selkeyttämiseksi suurennettuna.

paksuus, korkeus	*thickness*
zoomata	*zoom*
pienennys	*reduction*
suurennus	*magnification*
yksityiskohta	*detail*

Suurennuksesta tai pienennyksestä riippumatta mitat merkitään piirustukseen aina todellisina. Jos käytetään useampaa mittakaavaa, poikkeavat mittakaavat merkitään kyseisen projektion alle tai päälle ja lisäksi otsikkoalueelle päälle.

Mittakaavoihin liittyviä standardeja

- **SFS-EN ISO 5455** Tekniset piirustukset. Mittakaavat

kertauskysymyksiä

1. Mihin kokoon kappaleet pyritään ensisijaisesti piirtämään?

2. Milloin käytetään suurennuksia ja milloin pienennyksiä?

3. Mitä sinun pitää huomioida, kun saat käteesi koneenpiirustuksen, joka on kopioitu kopiokoneella?

4. Piirrä luonnos opettajasi antamasta kappaleesta. Piirrä sitten piirustus puhtaaksi suhteessa 1:2.

6 Viivat

Koneenpiirustusten pitää olla havainnollisia ja helposti luettavia, joten niissä on käytettävä eri levyisiä ja rakenteeltaan erilaisia viivoja. Eri viivalajeilla on omat käyttöpaikkansa ja tarkoituksensa. Viivalajit ja niiden käyttökohteet määritellään standardissa SFS-ISO 128-24.

Koneenpiirustuksessa käytetään tavallisesti kahta viivanleveyttä ja niiden leveyksien suhde on 1:2. Tällöin esimerkiksi, jos kappaleen muotoviiva on piirretty viivan vahvuudella 0,5 mm niin silloin mittaviivat ja mitta-apuviivat piirretään viivanvahvuudella 0,25 mm. Muotoviivan leveyttä 0,5 mm nimitetään myös viivaryhmäksi 0,5. Suositeltavat viivaryhmät ovat 0,5 ja 0,7. Viivojen leveyden määrittävät piirustuksen tyyppi, koko ja mittakaava.

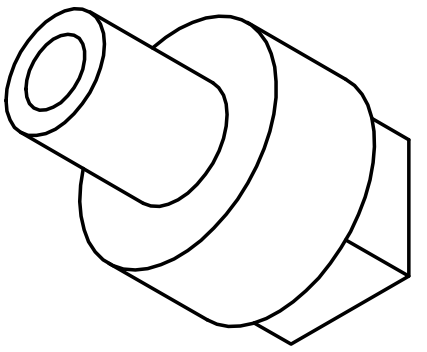
Seuraavassa taulukossa on yleisimpiä käyttökohteita eri viivalajeille. Viivaryhmänä on käytetty 0,5.

Viivalajit	Käyttökohde
Leveä ehjä viiva - viivan leveys 0,5 mm	Kappaleen näkyvät muotoviivat Ääriviivat Kierteen päättyminen Kaaviokuvat
Kapea ehjä viiva - viivan leveys 0,25 mm	Mitta- ja mitta-apumitta viivat Viiteviivat, toleranssikehys muoto- ja sijaintitoleranssimerkinnöissä Leikkauspintojen viivoitukset Hitsausmerkit Pintamerkit lisämerkinnöin
Leveä katkoviiva - viivan leveys 0,5 mm	Näkymättömät muotoviivat Tyvihalkaisija hammaspyörissä, hammastangoissa ja kierukkapyörissä
Pistekatkoviiva leveä - viivan leveys 0,5 mm	Leikkauskohdan merkitsemisviiva Rajoitetulle alueelle kohdistuvan pinta- tai lämpökäsittelyn merkitseminen
Pistekatkoviiva kapea - viivanleveys 0,25 mm	Kappaleen keskiviivat Hammaspyörän jakoympyrät Reijitysympyrät
Käsivaraviiva - viivan leveys 0,25 mm	Murtoviivat Leikkausviiva
Siksakviiva - viivanleveys 0,25 mm	Käytetään CAD-piirustuksissa kuvaamaan katkaisukohtaa

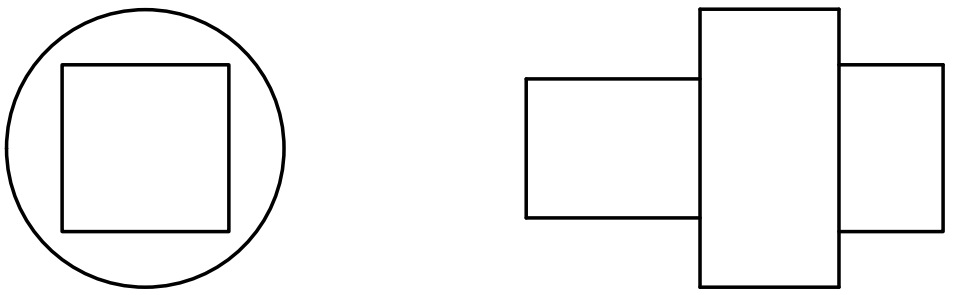
6.1 Erilaisia viivoja

Käyttötarkoituksen mukaan puhutaan muotoviivoista, näkymättömistä muotoviivoista, mittaviivoista, mitta-apuviivoista, keskiviivoista ja viiteviivoista.

Luonnoksia piirrettäessä pitää huolehtia siitä, että ne vastaavat standardin ohjeita viivalajeista ja niiden leveydestä. On tärkeää, että kappaleen muotoviivat ja mitta-apuviivat erottuisivat selvästi toisistaan.

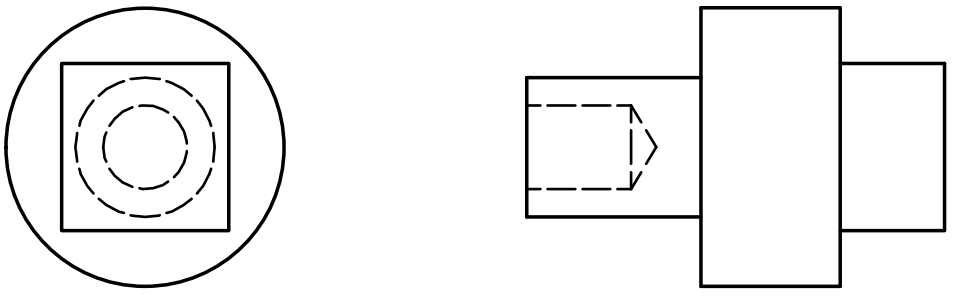


Kuva 6.1 Aksonometrinen kuva kappaleesta.



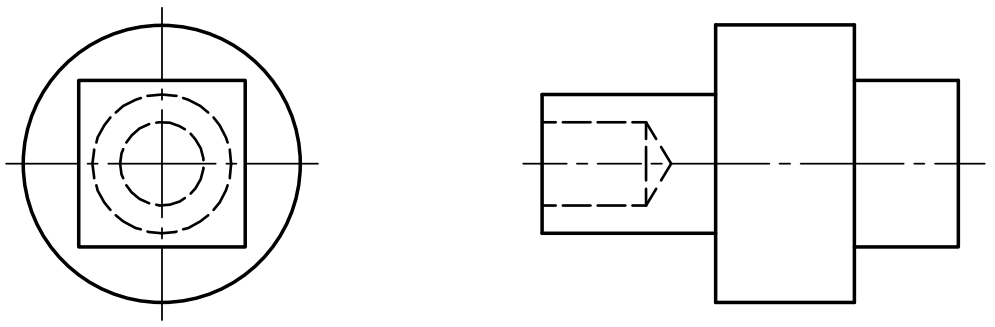
Kuva 6.2 Kappaleelle on piirretty näkyvät muotoviivat.

Leveällä ehjällä viivalla kuvataan kappaleen näkyvät muodot katsottavasta suunnasta, kuten kuvassa 6.2 on esitetty. Muotoviivaa piirrettäessä tavoitteena on, että kappale saadaan esitetyksi mahdollisimman selkeästi ilman tulkitsemisen vaaraa.



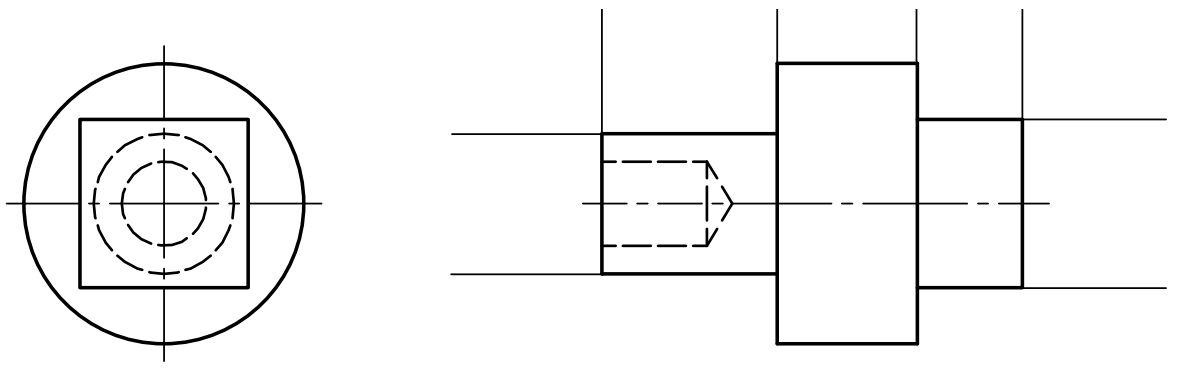
Kuva 6.3 Kuvaan on piirretty näkymättömät muotoviivat.

Keskileveällä katkoviivalla piirretään kappaleen sisällä ja näkymättömissä olevat muodot. Katkoviivan pituus määrittää katkojen pituuden. Lyhyimmissäkin katkoviivoissa pitää olla muutama viiva. **Katkoviivat piirretään ainoastaan silloin kun kappaleen muodon esittäminen sitä vaatii.** Jos katkoviivat heikentävät piirustuksen luettavuutta, ne jätetään pois.



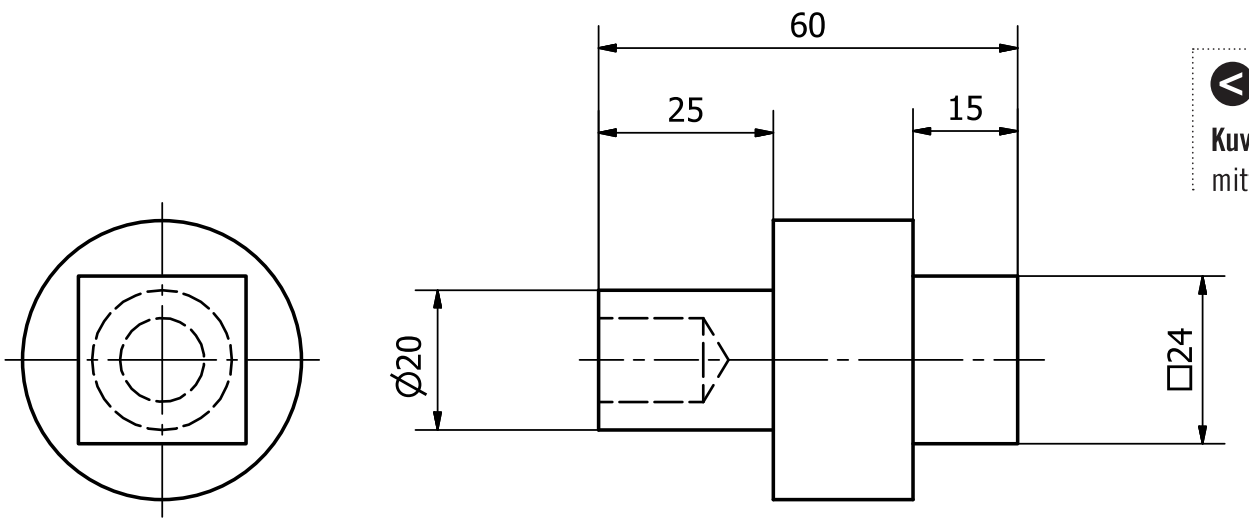
Kuva 6.4 Kappaleeseen on piirretty keskiviivat.

Pistekatkoviivalla piirretään kappaleen keskiviiva ja ympyrän keskipiste. Pistekatkoviivassa vuorottelevat viivat ja pisteet. Pistekatkoviivan rakenteen takia piirustukseen pitää piirtää vähintään kaksi viivaa ja yksi piste. Keskiviivojen risteyksessä pitää kahden viivan leikata toisiaan. Keskiviivan pään pitää ulottua 5–10 mm muotoviivan ulkopuolelle.



Kuva 6.5 Kappaleelle on piirretty mitta-apuviivat.

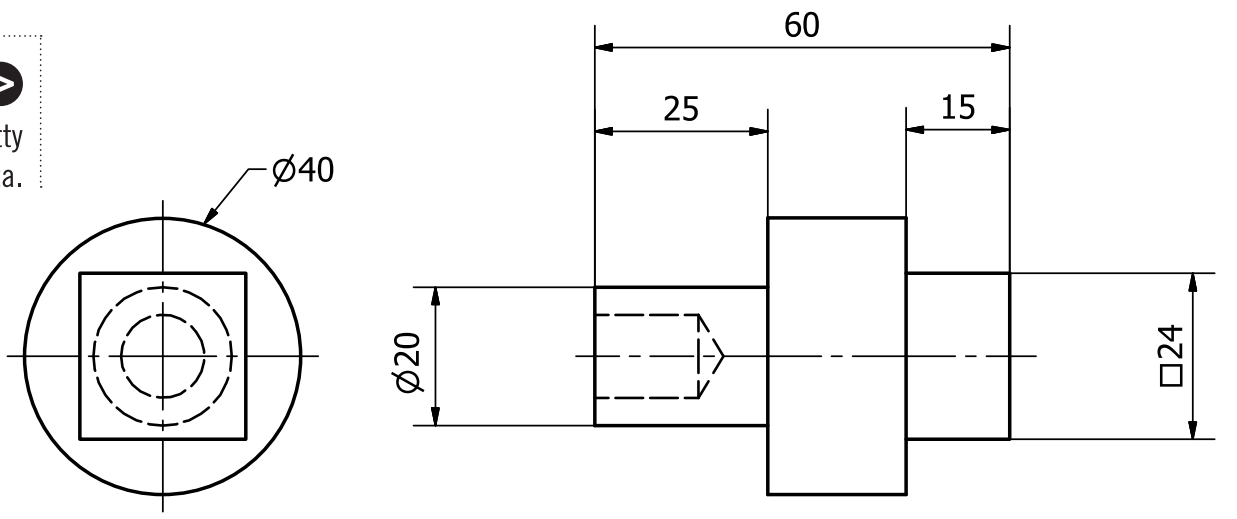
Kapealla ja ehjällä viivalla piirretään mitta-apuviivat. Mitta-apuviivojen avulla kappale saadaan mitoitetuksi selkeästi. Niillä pystytään myös siirtämään mitat erilleen muotoviivoista, mikä selkeyttää kappaleen muodon havaitsemista.



Kuva 6.6 Kappaleelle on piirretty mittaviivat ja merkitty mitat.

Mittaviivat piirretään ohuella ehjällä viivalla. Mittaviiva ilmoittaa kahden etäisyyden suuruutta. **Muista tehdä luonnoksiin kunnolliset nuolenpäät selkeyttämään kuvan lukemista.**

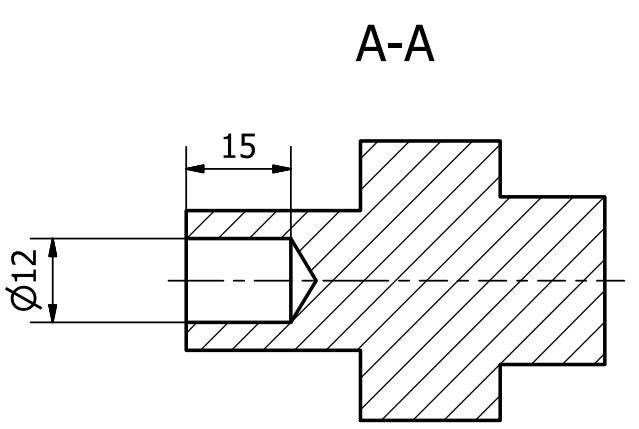
perusviiva	*baseline*
peruspiste	*basepoint*
viiva	*line*
viivatyyppi	*linetype*
piste	*point*



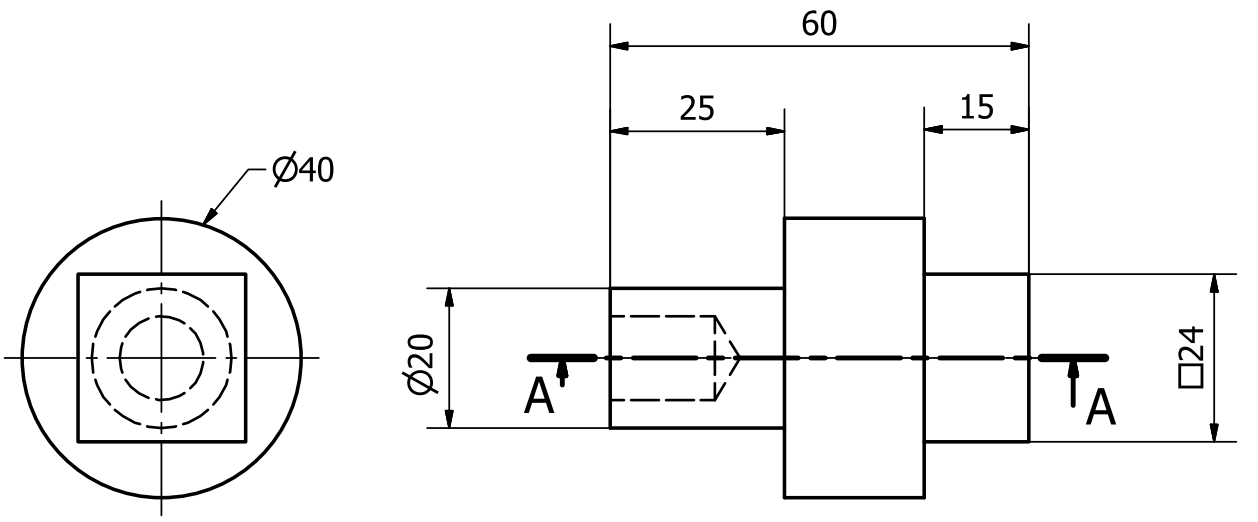
Kuva 6.7 Kappaleelle on merkitty viiteviivalla halkaisijamitta.

Viiteviivalla voidaan ilmoittaa erilaisia kappaleen mittoihin ja toleransseihin liittyviä asioita, tässä tapauksessa ympyrän sädettä.

ympyrä	*circle*
pyöreä	*circular*
viiteviiva	*leaderline*
säde	*radius*
viiste,viistää	*chamfer*
päätepiste	*end point*
pyöristää	*fillet*
piiloviiva	*hidden line*



Kuva 6.8 Kappale on leikattu kohdasta A-A mitoituksen helpottamiseksi.



Leveällä pistekatkoviivalla merkitään leikkauskohtia. Lisäksi leveällä pistekatkoviivalla merkitään kappaleen pintaa tehtäviä toimenpiteitä. Leikkauspinta merkitän vinolla viivoituksella, joka on ohutta ehjää viivaa.

kertauskysymyksiä

1. Minkälainen viiva piirretään näkyvään kappaleen muotoon?

2. Milloin voi jättää näkymättömien muotojen viivat pois?

3. Miksi on tärkeää, että luonnoksessakin käytetään mahdollisemman tarkasti standardin määrittelemiä viivan malleja ja -vahvuuksia?

4. Kuinka paljon kappaleen keskiviivan pitää tulla muotoviivan ulkopuolelle?

Viivoihin liittyviä standardeja

- **SFS-EN ISO 128-20** Tekniset piirustukset.
  Yleiset esittämisperiaatteet.
  Osa 20: Perussäännöt viivatyypeille

- **SFS-ISO 128-22** Tekniset piirustukset.
  Yleiset esittämisperiaatteet.
  Osa 22: Viiteviivojen ja merkintäviivojen perussäännöt ja soveltaminen

- **SFS-ISO 128-24** Tekniset piirustukset.
  Yleiset esittämisperiaatteet.
  Osa 24: Koneenpiirustuksen viivatyypit

7 Tekstit ja numerot

7.1 Koneenpiirustusten tekstit ja numerot

Koneenpiirustuksessa on kuvantojen lisäksi numeroita ja kirjaimia. Numeroilla selvitetään etäisyyksien mittoja ja teksteillä tarkennetaan kuvantoon liittyviä asioita. CAD-ohjelmissa on käytettävissä eri kirjasintyyppejä ja -kokoja. Piirustuksissa käytetään kuitenkin vain ISO-standardin mukaisia kirjasintyyppejä.

Tavanmukaisessa piirustuslautatyöskentelyssä tekstiä luodaan käsivaraisesti, kirjasinmallineilla tai käyttämällä erillistä tekstityslaitetta. Käsin piirrettäessä pitää huomioida, että numerot ja kirjaimet tulee piirtää huolellisesti ja selvästi, jottei piirrettyihin mittoihin jää tulkinnan varaa.

Standarditeksti voi olla pystyä tai vinoa. Vinon tekstin kaltevuuskulma on 15° oikealle. Kirjainten ja numeroiden standardikorkeudet on määritelty standardissa SFS-ISO 3098/1. Piirtämistyössä suositeltavat korkeudet ovat 2,5; 3,5; 5 ja 7 mm. Standardin mukaan voidaan käyttää myös korkeutta 1,8 mm.

Pienin tekstikoko A4-, A3- ja A2-kokoisissa piirustuksissa on 3,5 mm, paitsi viitenumeroissa 5 mm ja piirustusnumeroissa 7 mm. Suuremmissa piirustuksissa taas pienin tekstikoko on 5 mm, paitsi piirustuksien nimissä ja osaluettelossa 3,5 mm. Viitenumeroissa ja piirustusnumeroissa pienin tekstikoko on 7 mm.

sulku	*bracket*
isot kirjaimet	*caps lock*
korostaa	*highlight*
teksti	*text*

Kirja
2,5 Nm — Tekstin korkeus 2,5 mm, pienen kirjaimen korkeus 1,8 mm

Kirja
3,5 Nm — Tekstin korkeus 3,5 mm, pienen kirjaimen korkeus 2,5 mm

Kirja
5,0 Nm — Tekstin korkeus 5 mm, pienen kirjaimen korkeus 3,5 mm

Kirja
7,0 Nm — Tekstin korkeus 7 mm, pienen kirjaimen korkeus 5 mm

Kirja
10 Nm — Tekstin korkeus 10 mm, pienen kirjaimen korkeus 7 mm

Kuva 7.1 Tekstien koot piirustuksissa.

1. Tekstaa oma nimesi aukeamalla olevalle millimetripaperille 20 kertaa.
   Pyri toistamaan samanlaisia aakkosia.

2. Tekstaa kaikki numerot (0:sta 9:ään) aukeamalla olevalle millimetripaperille 20 kertaa.
   Pyri toistamaan samanlaisia numeroita.

Teksteihin ja numeroihin liittyviä standardeja

- **SFS-EN ISO 6433** Tekniset piirustukset. Osanumerot

8

Kuvannot ja projektiot

Koneenpiirustuksessa pitää pystyä esittämään valmistettavan kappaleen kaikki muodot ja mitat niin, että piirustuksen perusteella voidaan valmistaa kappale missä päin maailmaa tahansa. Tämän vuoksi piirustuksen pitää olla yksiselitteinen, mitoiltaan tarkka ja hyvin havainnollinen. Lisäksi hyvältä koneenpiirustukselta vaaditaan, että sen esittämän kappaleen valmistettavuus on hyvä. Huonosti toteutettu koneenpiirustus aiheuttaa huomattavia kustannuksia valmistuksessa tapahtuvien virheiden ja hitaamman työsuunnittelun johdosta.

8.1 Kohtisuorat projektiot

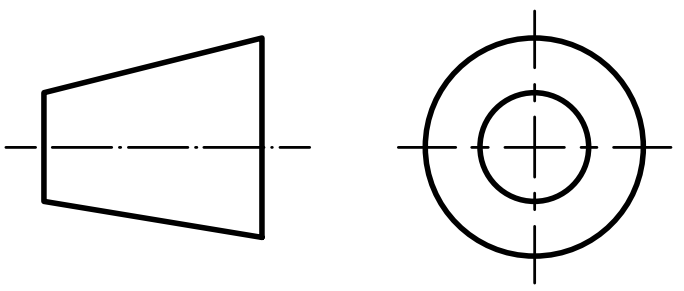
Piirustuksessa kaikkien mittojen ja muotojen pitää näkyä. Tämän vuoksi kappale on piirrettävä eri suunnista. Kun keskenään yhdensuuntaiset valonsäteet kohtaavat kuvatason kohtisuorasti, syntyy kappaleen muotoinen varjo kuvatasolle. Tätä kutsutaan kohtisuoraksi yhdensuuntaisprojektioksi. Yleisessä kielenkäytössä nimityksillä projektio ja kuvanto tarkoitetaan kohtisuoraa yhdensuuntaisprojektiota.

Kuvannoissa yleinen tapa on tehdä 2D-kuvanto eli piirtää kuvanto XY-koordinaatistoon. Tällöin yhdessä kuvannossa saadaan näkyviin kaksi mittaa: leveys ja korkeus. Paksuuden havainnollistamiseksi joudutaan yleensä piirtämään aikakin yksi kuvanto lisää. 2D-kuvanto on helppo piirtää esimerkiksi lyijykynällä paperille, minkä takia se on yleinen tapa piirtää kappaleita. Tietokoneavusteisessa suunnittelussa käytetään myös 3D-kuvantoja. Niissä on koordinaattien X ja Y lisäksi käytössä Z-koordinaatti, jolla voidaan esittää kappaleen syvyyttä. Tietokoneella tehdystä 3D-mallista on helppo tehdä tavanmukainen 2D-malli.

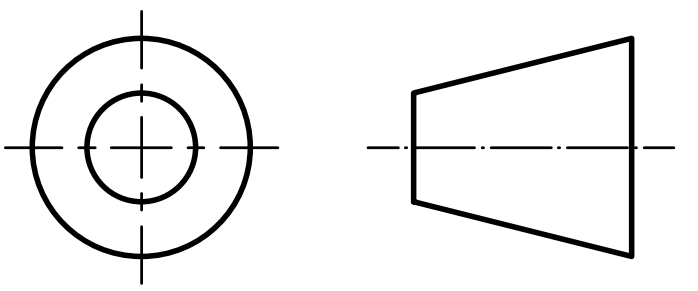
Projektioiden keskeisessä sijoittelussa voidaan käyttää kahta eri vaihtoehtoa: yhden käännön menetelmää ja kolmen käännön menetelmää. Yhden käännön menetelmää käytetään Suomessa ja monissa Euroopan maissa. Kolmen käännön menetelmää taas käytettään koneenpiirustuksissa muun muassa Yhdysvalloissa. Tässä kirjassa käytetään ja harjoitellaan vain yhdenkäännön menetelmää. Otsikkotauluun on merkittävä, kumpaa menetelmää piirtäjä on käyttänyt koneenpiirustuksessa. (Kuvat 8.1 ja 8.2.)

koordinaatisto	*cartesian coordinates*
päätykuvanto	*end view*
etukuvanto	*front view*
vaakasuora	*horizontal*
pystysuora	*vertical*
asema, asento	*position*
sivukuvanto	*side view*

Kuva 8.1 Yhden käännön menetelmän tunnus.



kuva 8.2 Kolmen käännön menetelmän tunnus.



8.2 Yhden käännön menetelmä

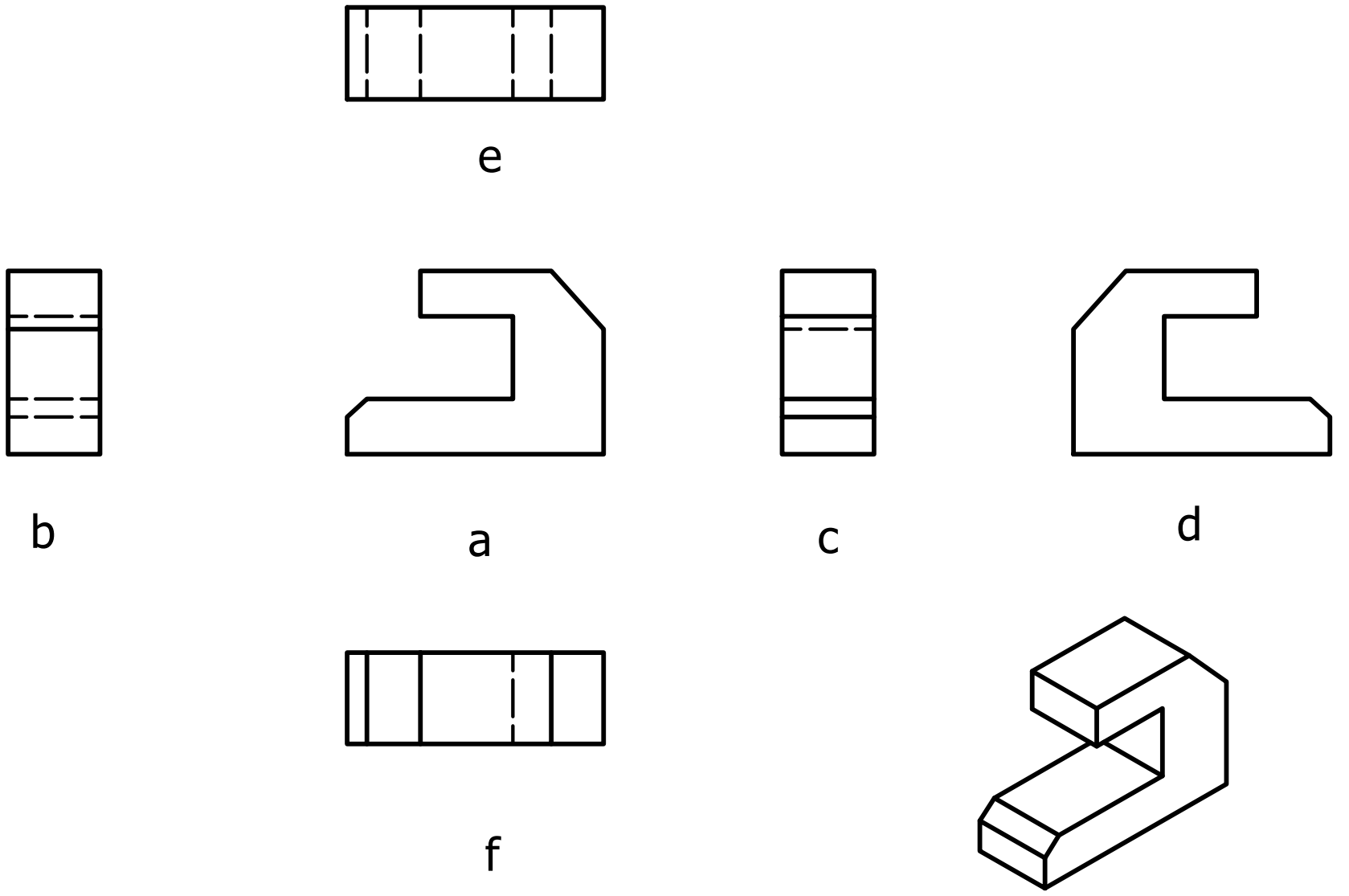
Piirtäminen aloitetaan seuraavien sääntöjen mukaan:

1. Valitaan kappaleesta eniten informaatiota antava särmä ja nimetään se **pääprojektioksi**. Piirretään pääprojektio niin, että sen pääsuunnat ovat piirustusarkin reunojen kanssa saman suuntaiset. Piirretään kappaleen näkyvät muodot muotoviivoilla.

2. Käännetään kappaletta pääprojektion suunnasta 90°. Käännön voi tehdä vasempaan, oikeaan, ylös- tai alaspäin tarpeen mukaan. Tärkeää on, että käännössä pidetään korkeuslinja (sivusuunnassa käännettäessä) ja pystylinja (ylä- ja alasuunnassa käännettäessä) paikallaan (kuva 8.3). **Uutta projektiota piirtäessäsi muista jättää riittävä väli kuvantojen välille.** Välit mahdollistavat kappaleen mitoituksen myöhemmin. Lisäksi koneenpiirustuksen selkeyden ja luettavuuden varmistamiseksi kannattaa piirustuksista tehdä kyllin väljiä.

3. Muista piirtää kaikki projektiot oikean kokoisena tai standardin mukaisessa mittakaavassa.

4. Pääprojektio pyritään piirtämään päävalmistustavan mukaisesti, koska se helpottaa piirustuksen lukemista.



Kuva 8.3 Kohtisuorien kuvantojen muodostuminen ja sijoittelu yhden käännön menetelmällä.
Kuvan projektiot ovat seuraavat:
a = pääprojektio
b = pääprojektio oikealta katsottuna
c = pääprojektio vasemmalta katsottuna
d = c-projektio vasemmalta katsottuna
e = pääprojektio alhaalta katsottuna
f = pääprojektio ylhäältä katsottuna

Huomaa kuvassa 8.3, että vaakasuorassa olevilla projektioilla a, b, c ja d ovat samalla korkeuslinjalla. Samoin projektiot a, e ja f oikea ja vasen sivuttaislinja ovat samalla kohtaa. Piirto-ohjelmat tekevät tämän automaattisesti, mutta käsin piirrettäessä tulee tästä ohjeesta pitää kiinni. Ohjeen noudattaminen helpottaa piirtämistä huomattavasti. Lisäksi se helpottaa piirustuksen lukemista.

8.3 Projektioiden lukumäärä

Kappaleesta tehdään tarvittava määrä projektioita. **Projektioiden määrän ratkaisee se, miten kappaleen kaikki muodot ja mitat saadaan yksiselitteisesti näkyviin kuvassa.** Joskus tarvitaan enemmän kuin kolme mutta joskus selvitään yhdellä projektiolla. Tärkein ja ainut lähtökohta on siis kappaleen valmistettavuus projektioiden määrässä. Ylimääräisiä projektioita ei kannata tehdä, koska se on turhaa työtä ja saattaa haitata piirustuksen lukemista. Suurissa ja monimutkaisissa koneenpiirustuksissa on kuitenkin usein useita projektioita. Niitä piirretään leikkauksista ja suurennuksista, jotta kaikki yksityiskohdat saataisiin riittävän yksiselitteisesti esitetyksi. Aluksi kannattaa kuitenkin harjoitella koneenpiirustusta ja tehdä kappaleista kolmea projektiota.

lieriö	*cylinder*
reikä	*hole*
kuvake	*icon*
monikulmio	*polygon*
muoto	*shape*
näkymä, kuvanto	*view*

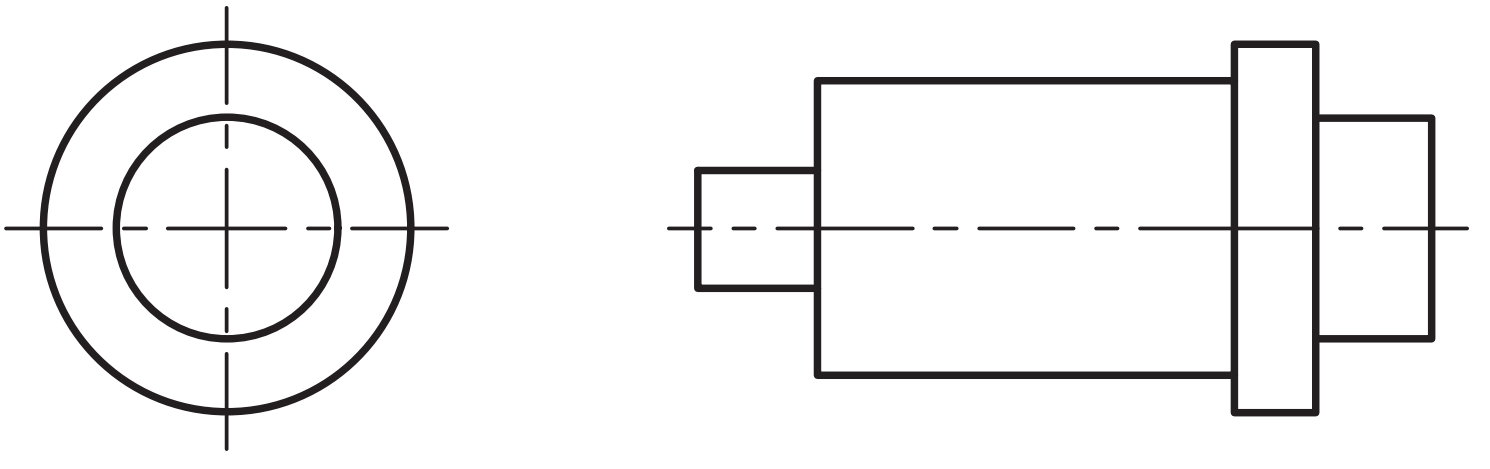
8.4 Projektioiden sijoittaminen paperille

Projektiot piirretään paperille mahdollisimman symmetrisesti ja oikean kokoista paperia käyttäen. Projektioiden välit pidetään riittävinä. Jos piirustus on liian ahdas, sitä on vaikea lukea ja mittaviivoille ja mitta-apuviivoille ei jää riittävästi tilaa. Korosteisen väljä projektioiden asettelu paperille on yleensä ainakin aluksi oikea ratkaisu.

Kappale pääprojektio pyritään esittämään niin, että sen asento on päävalmistustavan mukainen, koska se helpottaa piirustuksen lukemista. Kokoonpanopiirustuksessa pääprojektio pyritään piirtämään niin, että kun piirustus on lukuasennossa, kappale on siinä käyttöasennossa.

V

8.4 Osapiirustus piirretään pääasiallisen valmistustavan mukaan.



Kuvantoihin ja projektioihin liittyviä standardeja

- **SFS-ISO 128-34** Tekniset piirustukset. Yleiset esittämisperiaatteet. Osa 34: Kuvannot koneenpiirustuksissa
- **SFS-EN ISO 5456-2** Tekniset piirustukset. Projisointimenetelmät. Osa 2: Kohtisuorat yhdensuuntaisuusprojektiot

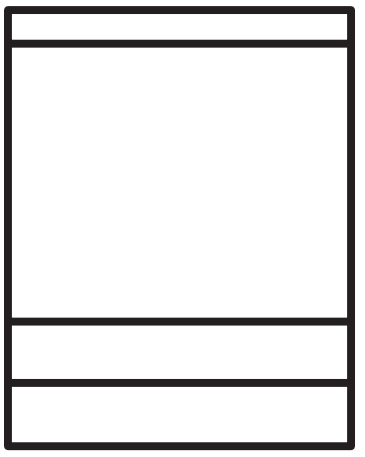
1. Kuinka paljon kappaletta käännetään seuraavaa projektiota varten?

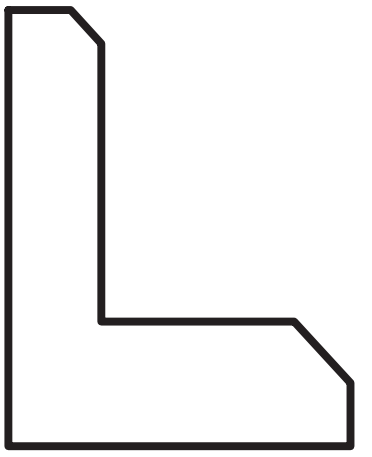
2. Kuinka monta projektiota kappaleesta piirretään?

3. Miksi projektioiden väliin jätetään riittävästi tilaa?

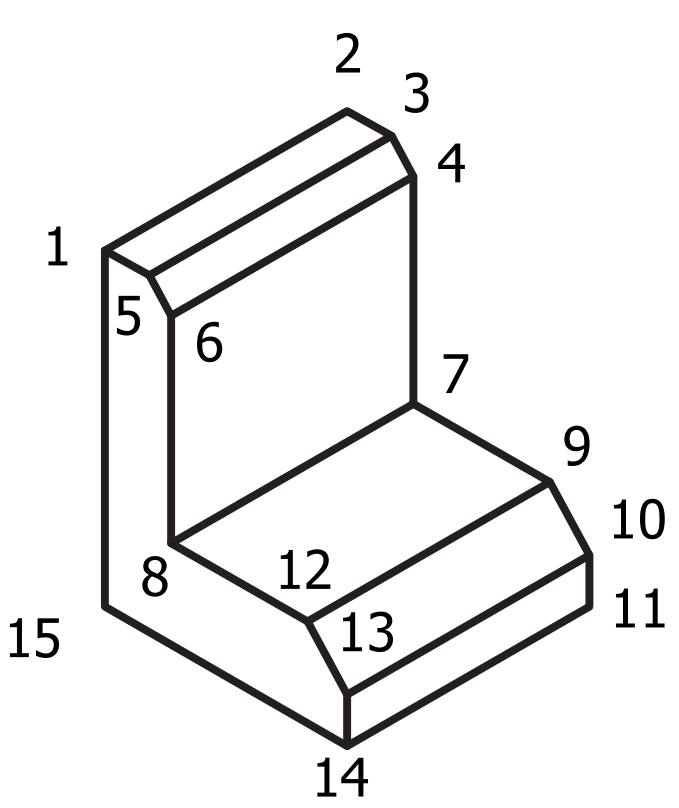
4. Mihin asentoon pääprojektio piirretään osakuvissa?

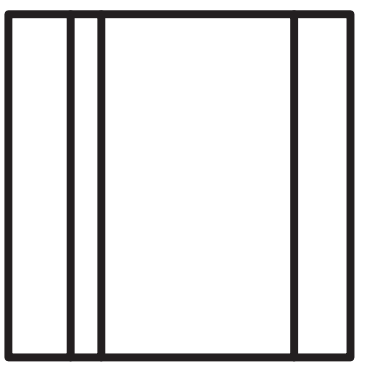
5. Merkitse kaikkiin kuvantoihin kulmapisteen numerot. Laita kuvannon näkymätön piste sulkuihin.



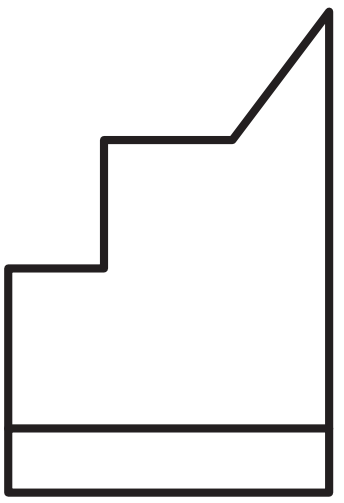


15 (16)

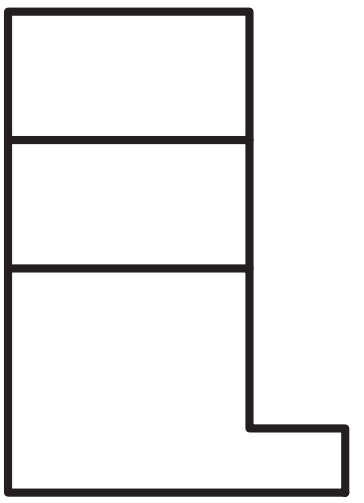


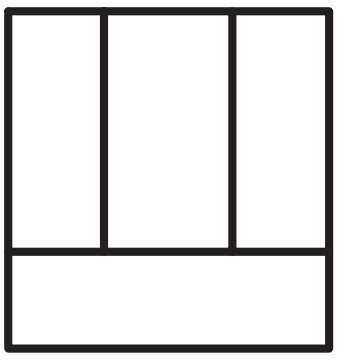


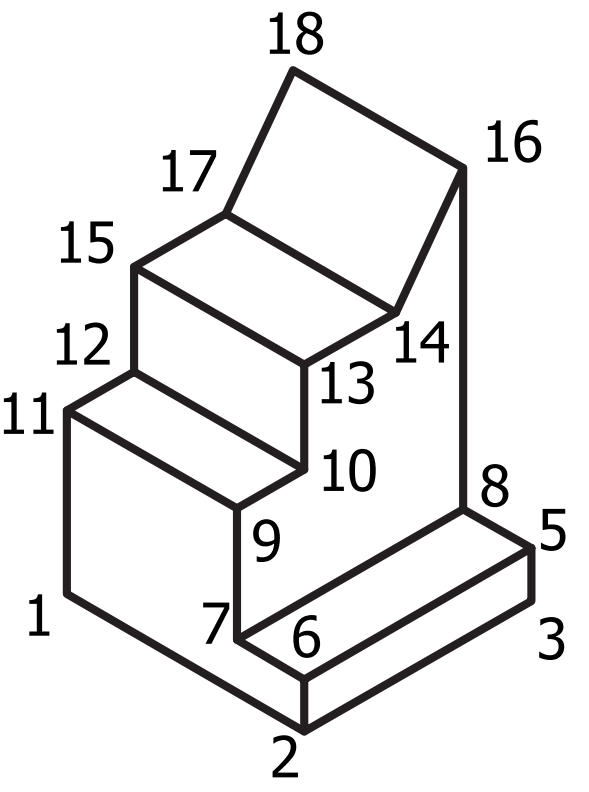
6. Merkitse kaikkiin kuvantoihin kulmapisteen numerot. Laita kuvannon näkymätön piste sulkuihin.



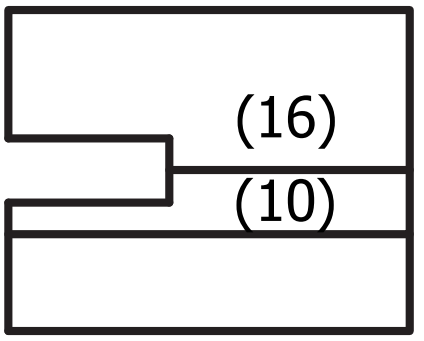
3 (4)



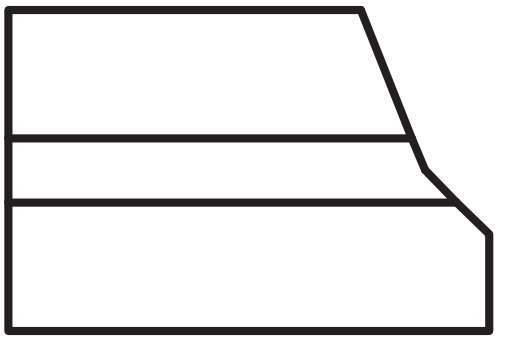


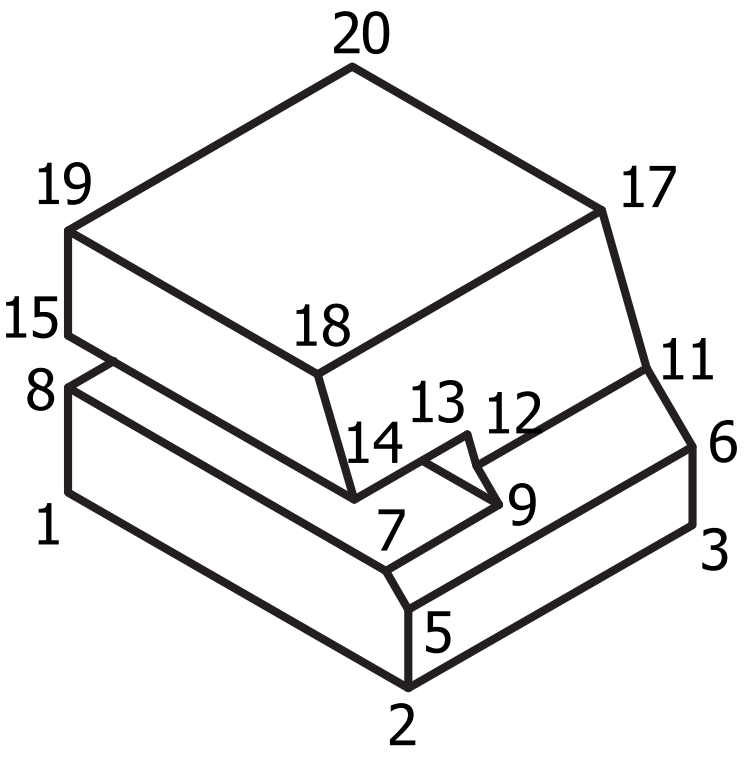


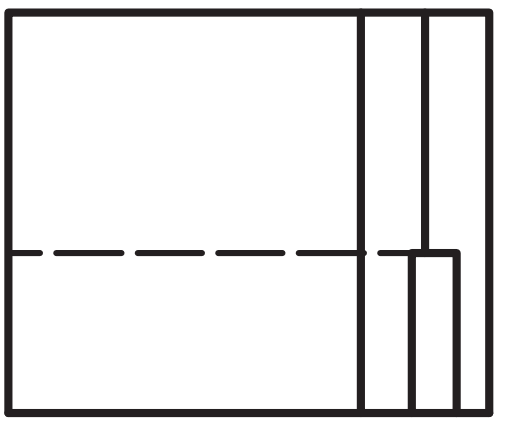
7. Merkitse kaikkiin kuvantoihin kulmapisteen numerot. Laita kuvannon näkymätön piste sulkuihin.



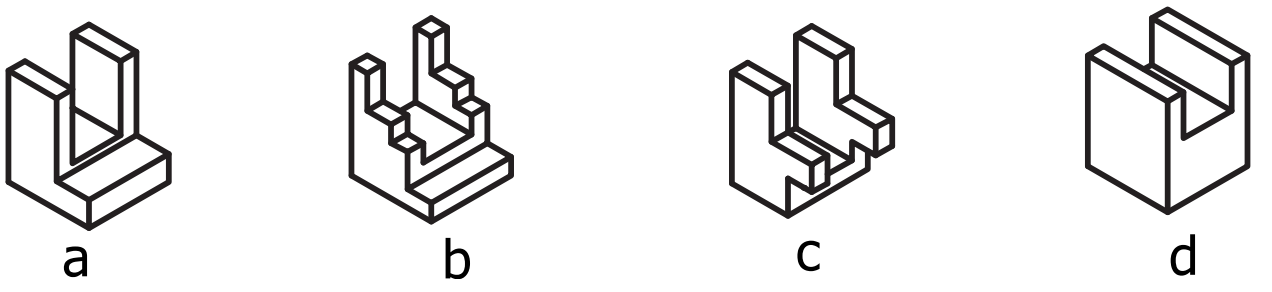
3 (4)



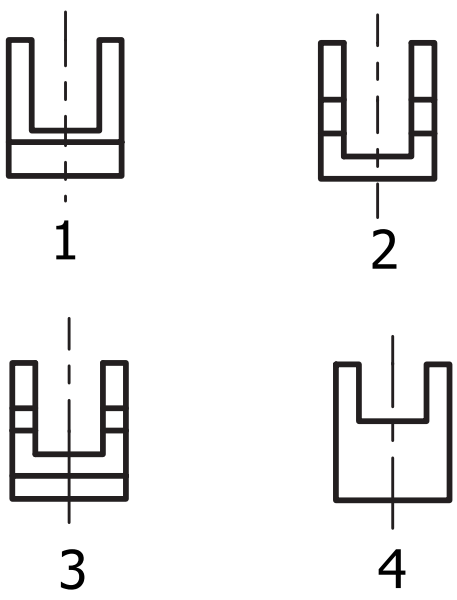




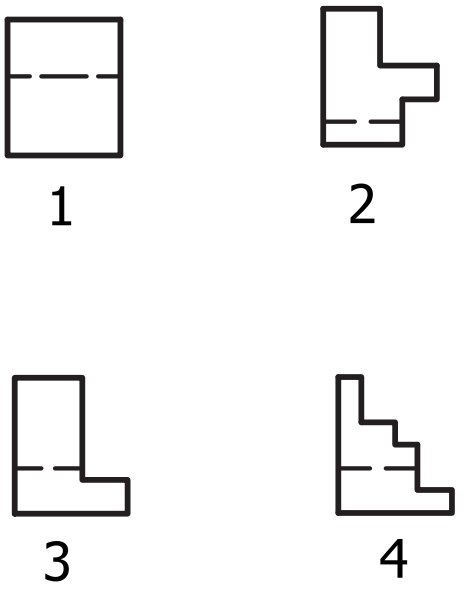
8. Kuvantojen lukuharjoitus: Ylimmällä rivillä on neljä 3D-mallia. Valitse niille oikeat 2D-kuvannot edestä, sivusta ja yläpuolelta. Kirjoita numerot taulukkoon.



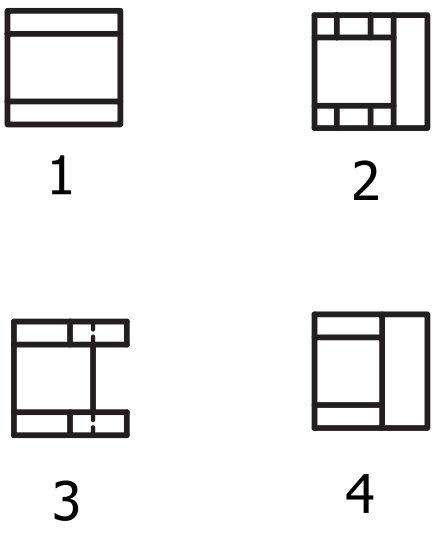
KUVANTO A



KUVANTO B

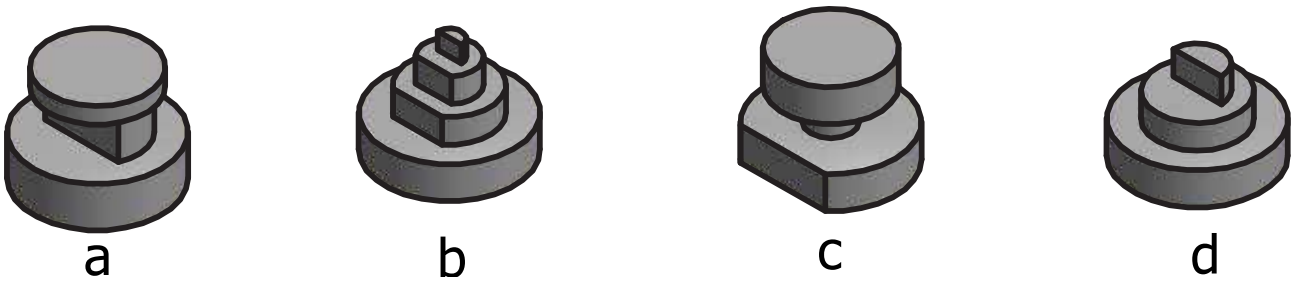


KUVANTO C

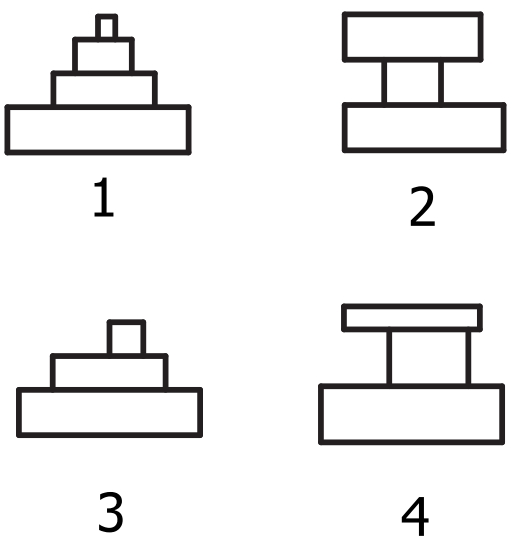


	a	b	c	d
A				
B				
C				

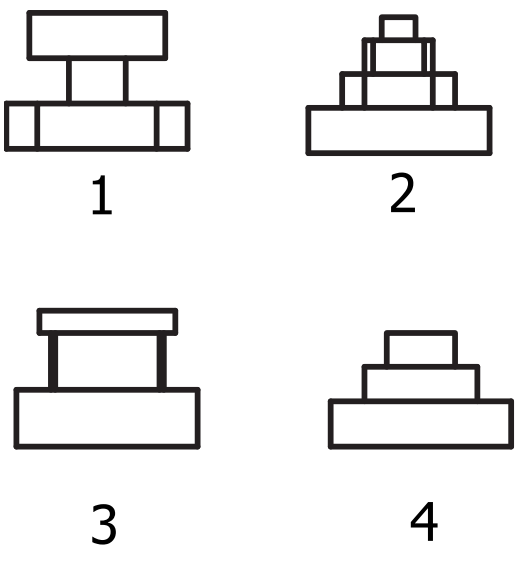
9. Kuvantojen lukuharjoitus: Ylimmällä rivillä on neljä 3D-mallia. Valitse niille oikeat 2D-kuvannot edestä, sivusta ja yläpuolelta. Kirjoita numerot taulukkoon.



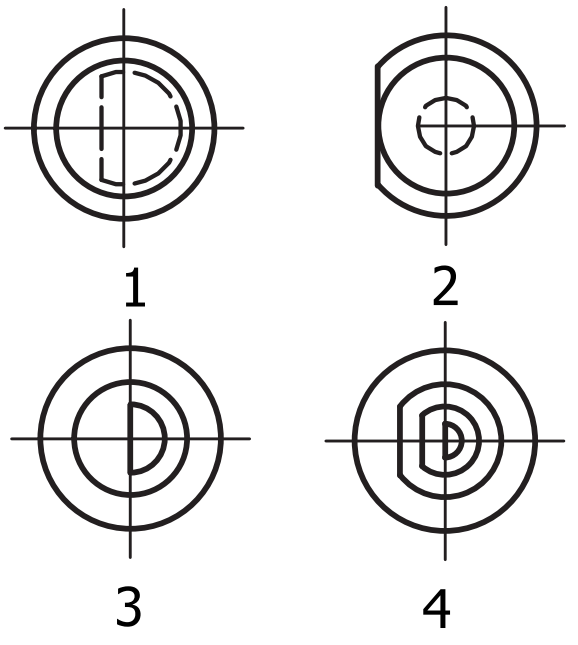
KUVANTO A



KUVANTO B

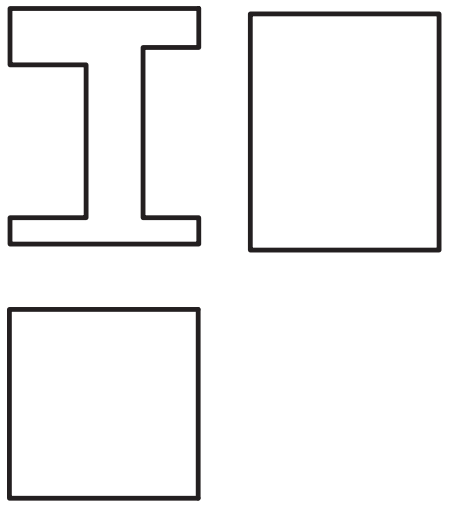


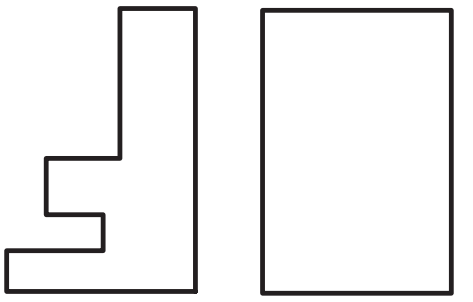
KUVANTO C

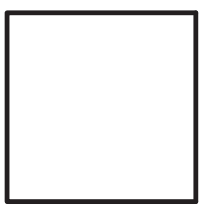


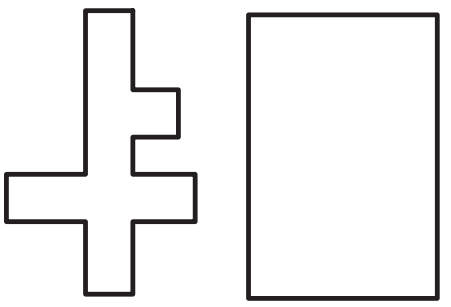
	a	b	c	d
A				
B				
C				

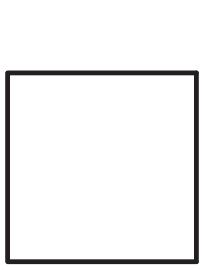
10. Lisää kuvantoihin puuttuvat muotoviivat

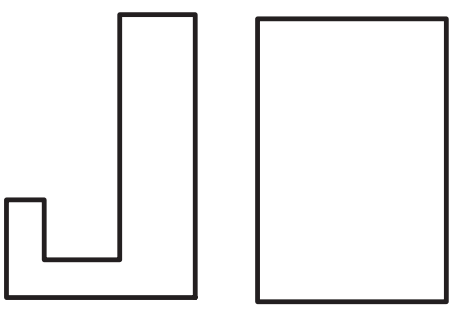


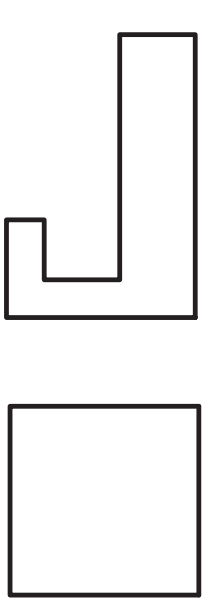


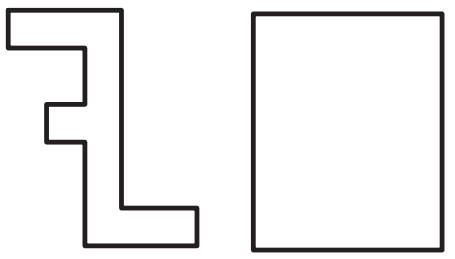


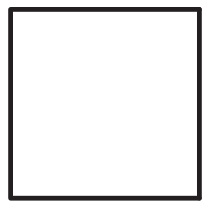


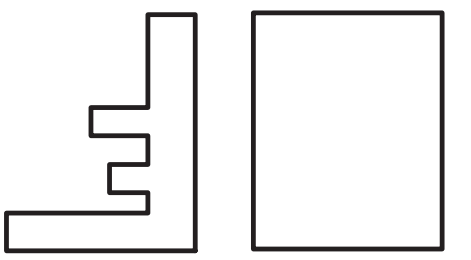


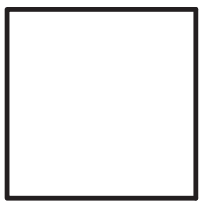






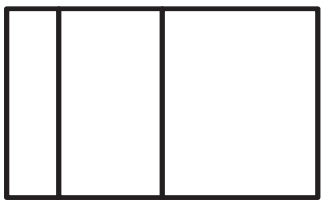




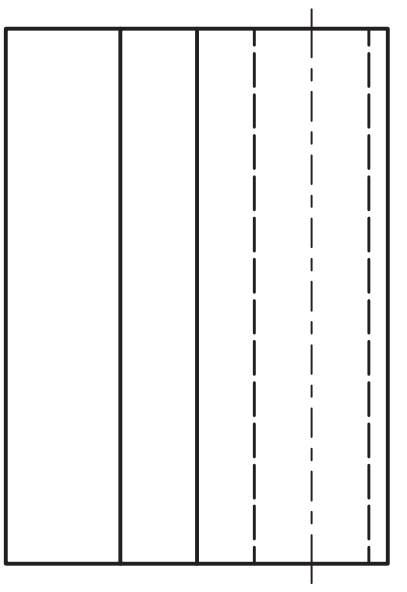


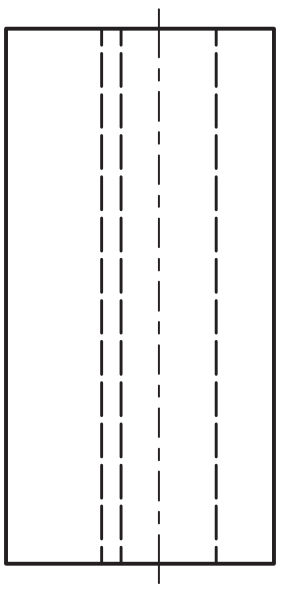
11. Piirrä puuttuva kolmas kuvanto ruudukkoon

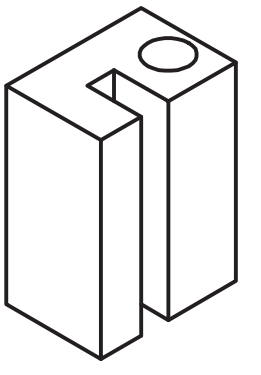
a)



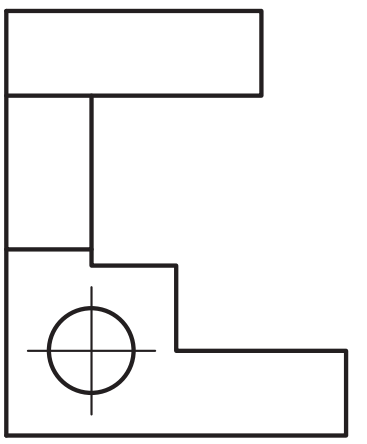
b)

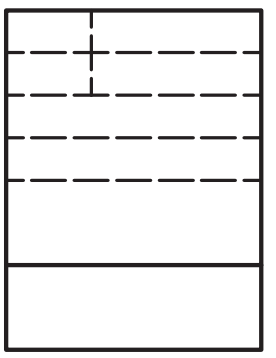


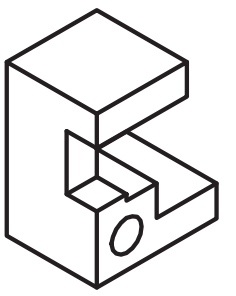




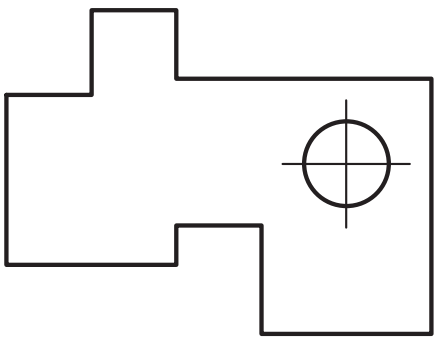
c)

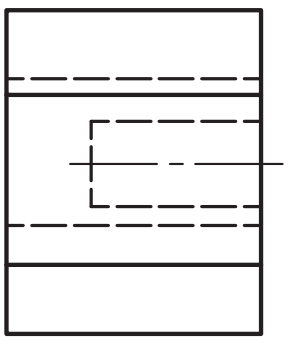


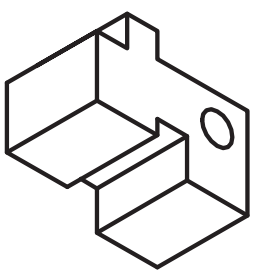




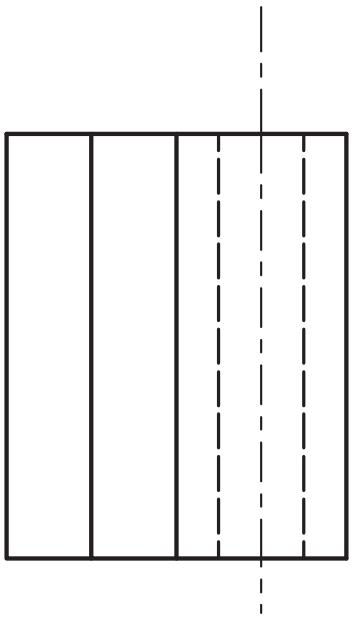
d)

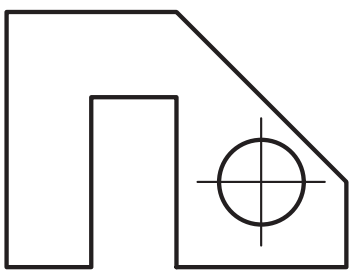


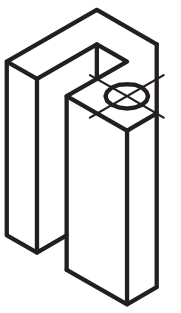




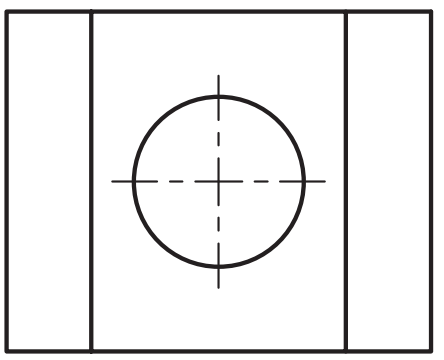
e)

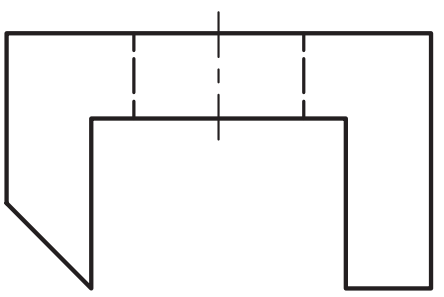


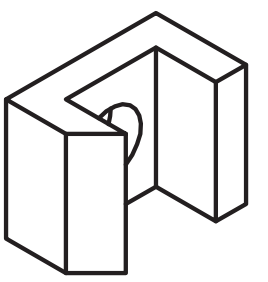




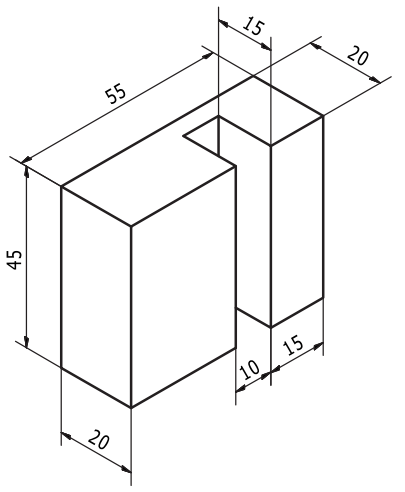
f)

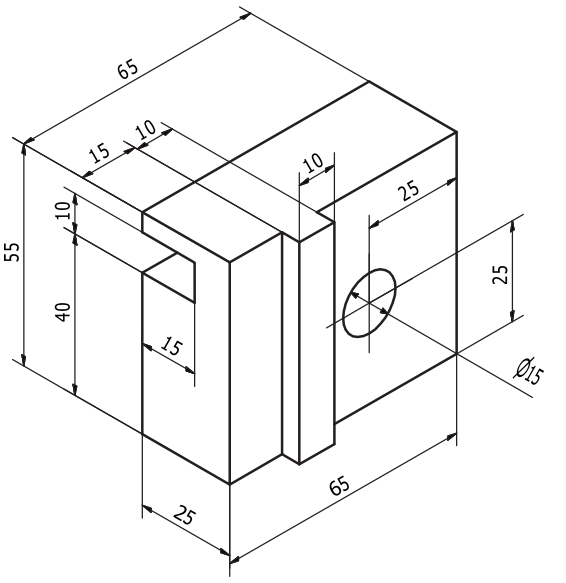


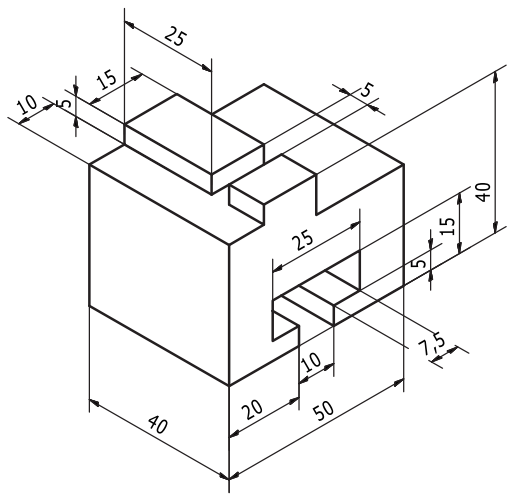


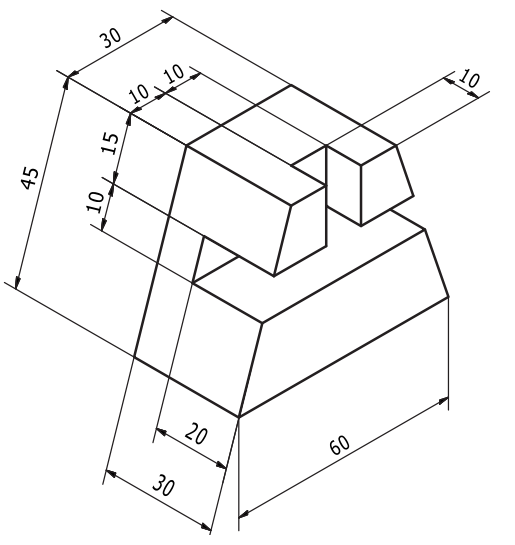


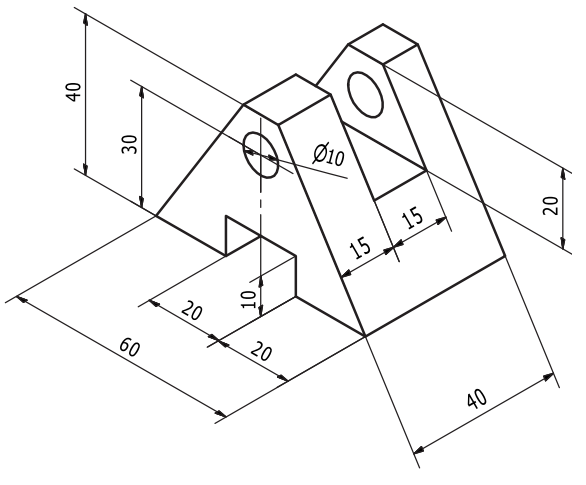
12. Piirrä alla olevista 3D-kuvannoista 2D-kuvannot. Tee jokaisesta kuvanto edestä, sivusta ja päältä.
Piirrä CAD-ohjelmaa hyväksi käyttäen tai 5 mm:n ruutupaperille.

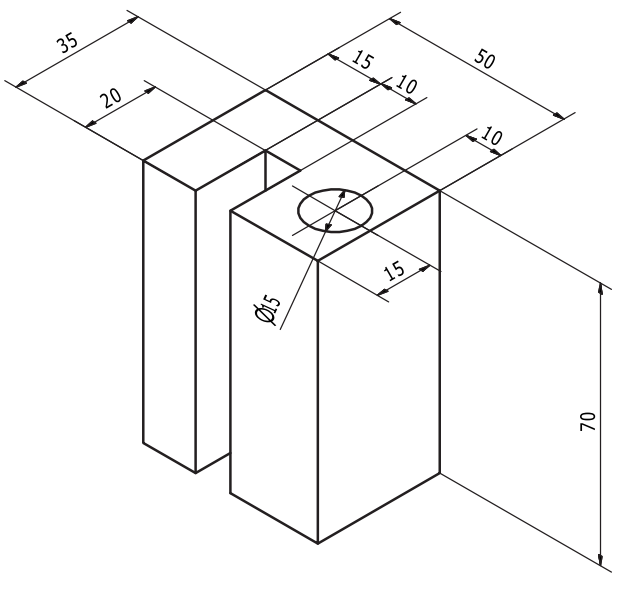












9 Leikkaukset ja leikkauskuvannot

9.1 Leikkauskuvantojen periaatteet

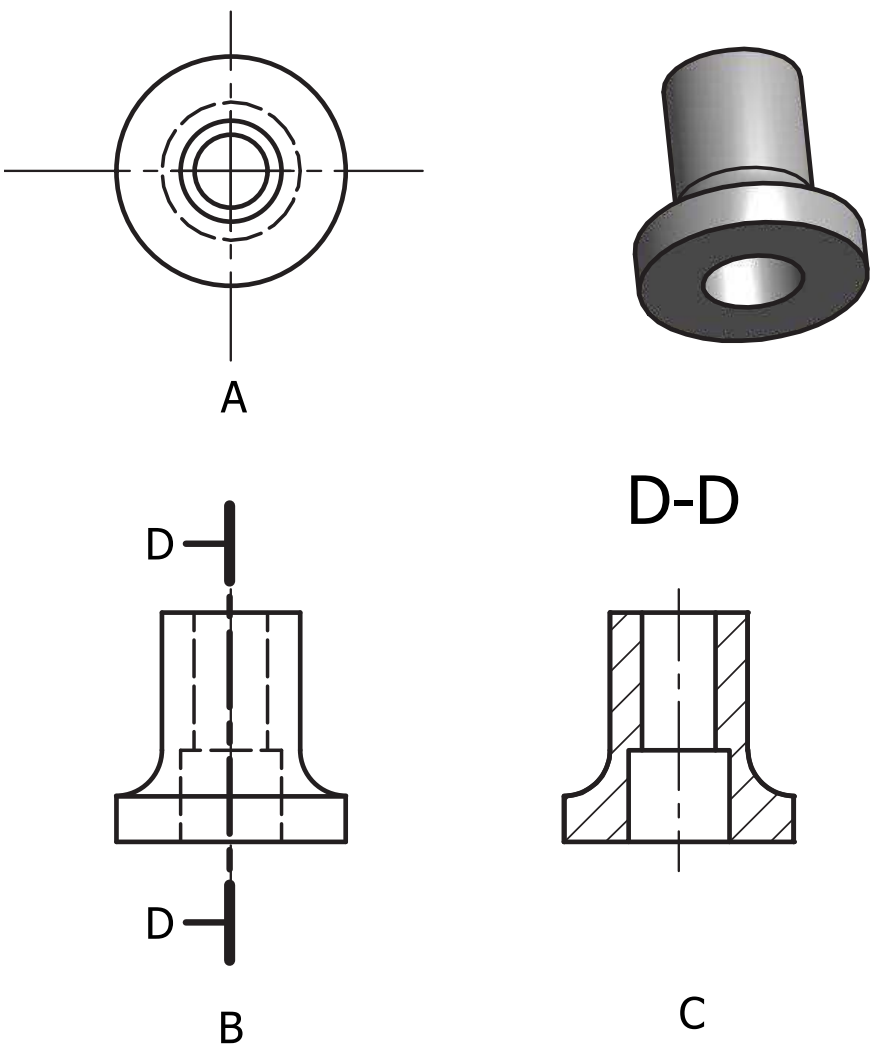
Koneenpiirustuksia piirrettäessä monet kappaleseen liittyvät muodot joudutaan piirtämään katkoviivoilla, koska ne jäävät kappaleen sisäpuolelle piiloon. Katkoviivoilla piirretyt muodot eivät ole aina kovin selkeitä. Varsinkin jos katkoviivoja on kuvannossa paljon, piirustuksen selkeys kärsii.

Muodon näkyvyyden parantamiseksi kappaleen kuvanto leikataan määritellystä kohdasta. Leikatun kohdan piilossa olevat muodot saadaan näin paremmin näkyviin. Tämä selkeyttää kuvantoa ja helpottaa kappaleen valmistusta haluttuun muotoon ja mitoille. Projektiosta piirrettyä leikkauskuvaa sanotaan leikkausprojektioksi.

Leikkausprojektio saadaan, kun kappale leikataan sopivasta kohdasta, yleensä keskiviivan mukaisesti, kahteen osaan. Kappaletta katsotaan kohtisuorasti leikkauspintaa kohti ja siitä piirretään projektio. Projektion muotoviivat piirretään näkyvän muodon mukaisesti ja leikkauspintaan piirretään kuvan 9.1 mukaisesti 45°:n kulmassa olevat leikkausviivat, jotka ovat kapeita ehjiä viivoja.

Jos koneenpiirustuksessa, esimerkiksi kokoonpanopiirustuksessa, leikataan kuvantoa niin, että leikkauksessa on useita eri kappaleita, kappaleiden leikkausviivat piirretään eri suuntiin tai erilaisella viivavälillä kappaleiden erottamiseksi toisistaan. **Leikattuun kuvantoon ei saa piirtää tarpeettomia katkoviivoja osoittamaan näkymättömiä muotoviivoja.**

leikata	*intersection*
katkaista	*break*
kääntäminen	*translation*
perussääntö	*charter*
esittäminen	*presentation*



Kuva 9.1 Leikkauksen periaate.

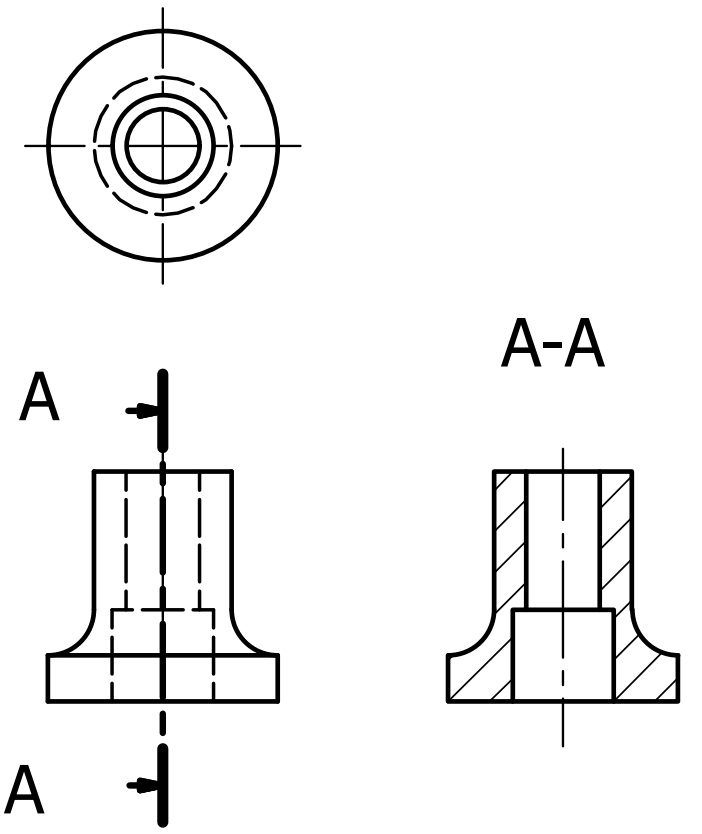
Kuvassa 9.1 kappale kuvataan kuvannossa A pohjan suunnasta. Kuvannossa B kappale kuvataan edestä. Kuvannossa C kuvanto B leikataan keskilinjaa pitkin kahteen yhtä suureen osaan ja siitä piirretään vain toinen puolikas. Vino viivoitus kuvaa leikkauspintaa. Vahvat yhtenäiset viivat kuvaavat kappaleen muotoa.

9.2 Leikkausten eri lajit

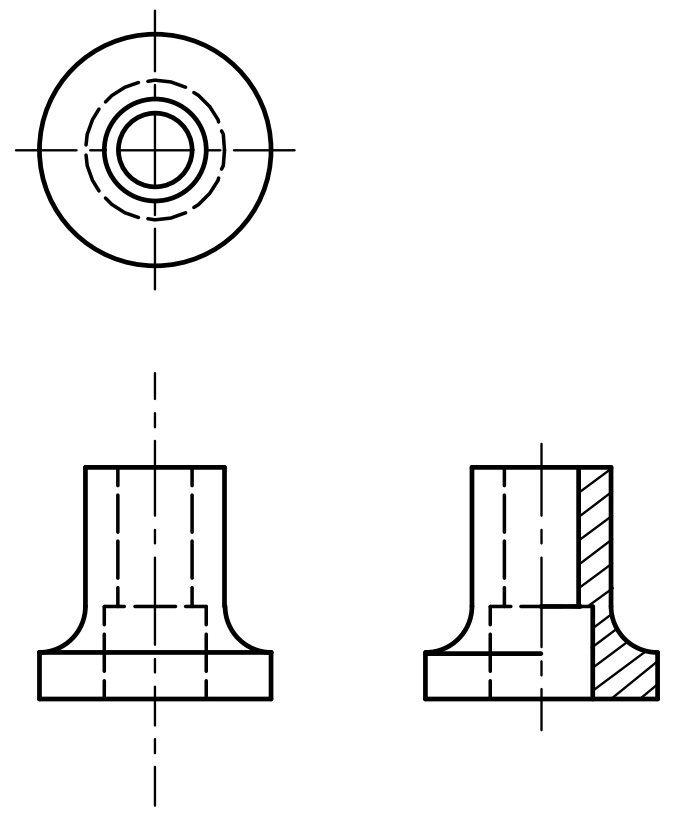
Leikkaukset ryhmitellään kolmeen eri tapaan: kokoleikkauksiin, puolileikkauksiin ja osaleikkauksiin.

Kokoleikkauksella tarkoitetaan sitä, että kappaleesta halkaistaan kuvan 9.2 tapaan osa pois ja piirretään näkyvät muotoviivat ja leikkauspinoille leikkausviivat.

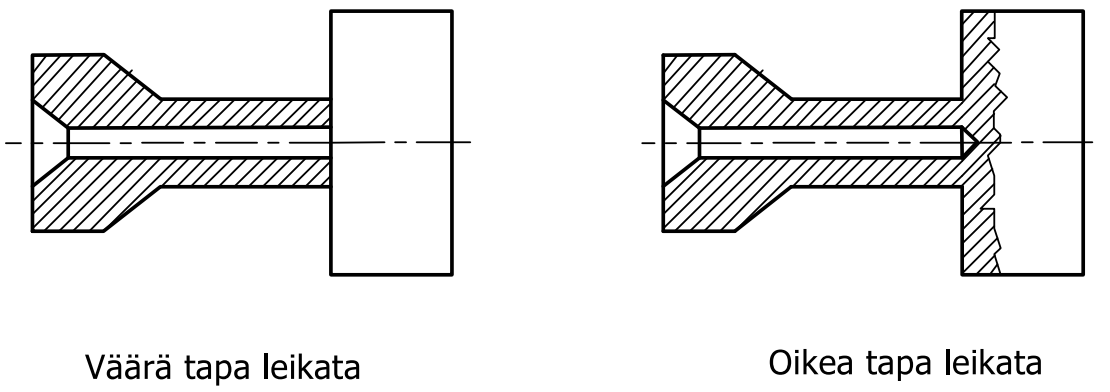
Puolileikkaus voidaan piirtää, kun piirretty kappale on symmetrinen. Puolileikkauksessa toinen puoli esitetään leikattuna ja toinen puoli pintaprojektiona. Tavallisesti keskiviiva toimii leikkauksen rajana.



Kuva 9.2 Kokoleikkaus.



Kuva 9.3 Puolileikkaus.

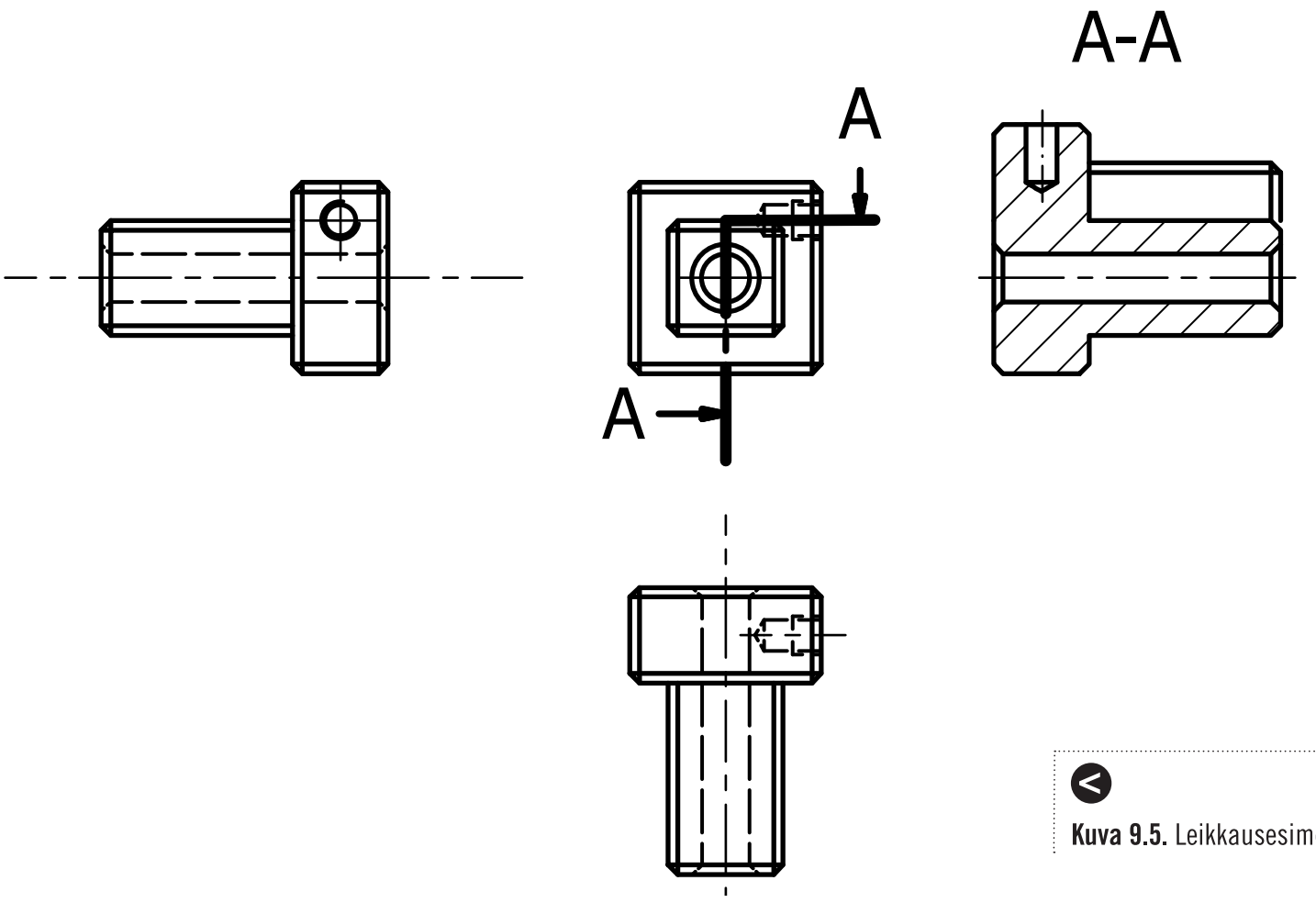


Kuva 9.4 Osaleikkauksen väärä ja oikea tapa.

Osaleikkauksessa piirretystä kappaleesta leikataan haluttu kohta, josta halutaan esittää jokin yksityiskohta. Leikkauksen rajaviiva esitetään yhtenäisellä ohuella käsivaraisella viivalla eli murtoviivalla. Leikkausviivaa ei saa kuitenkaan piirtää muotoviivan päälle kuvan 9.4 tapaan.

9.3 Leikkausten merkintä

Jos leikkauksen kulku on selvä eikä siinä ole erehtymisen vaaraa, sitä ei tarvitse merkitä kuvaan (kuva 9.1). Jos taas leikkauksen kulku ei ole yksiselitteisesti määriteltävissä, se pitää merkitä kuvaan. Leikkauksen kulku määritellään leveällä pistekatkoviivalla. Pistekatkoviivan päihin piirretään nuolet, jotka kuvaavat, mistä suunnasta leikkauskuvanto piirretään. Lisäksi pistekatkoviivan päihin nuolen viereen nimetään isoilla kirjaimilla leikkaus. Pistekatkoviivan molemmissa päissä pitää olla samat kirjaimet. Samassa kuvannossa tai samasta kuvassa voi olla useita eri leikkauksia kuvan 9.6 mukaan. Leikkausprojektio merkitään sanalla ”Leikkaus” ja perään kirjoitettavilla kyseisen kohdan isoilla aakkosilla tai vain isoilla aakkosilla.

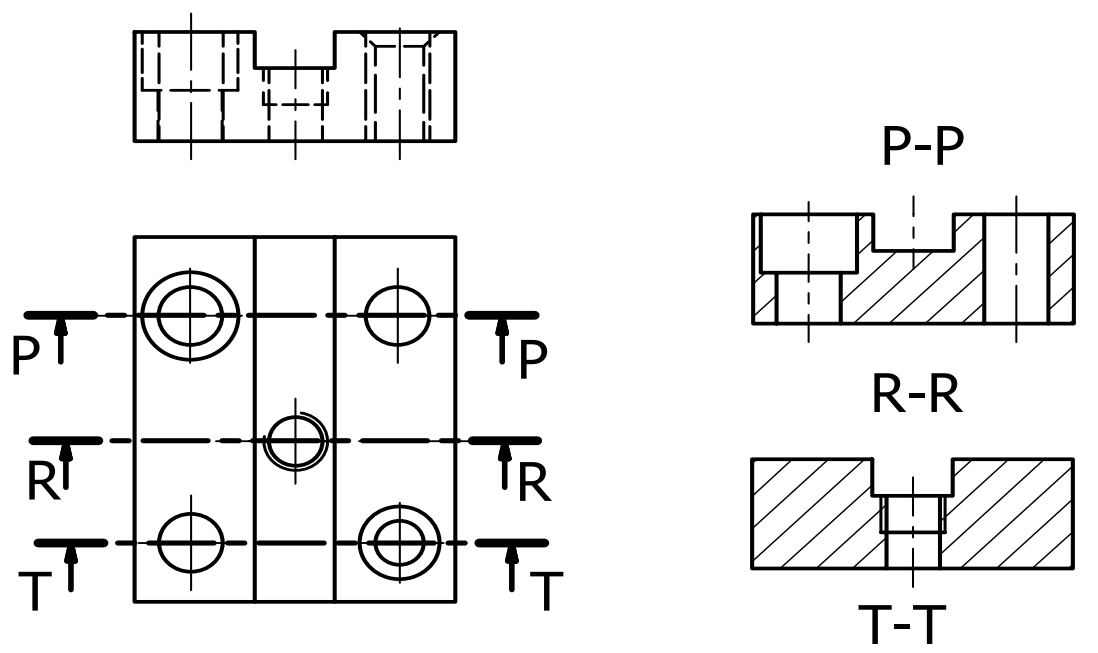


Kuva 9.5. Leikkausesimerkki.

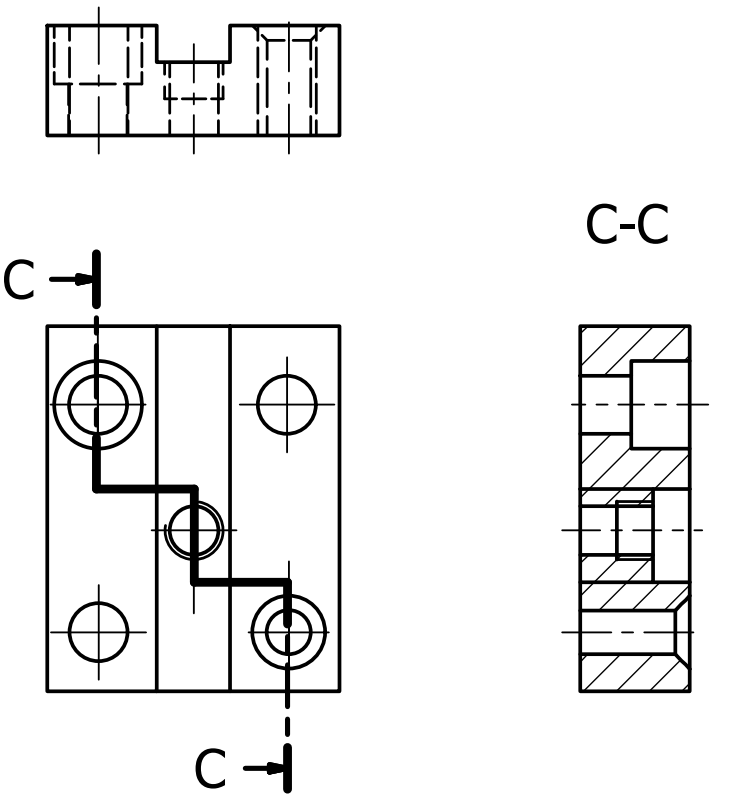
Leikkausta piirrettäessä on otettava huomioon, että kuvannon tulee olla leikkauksen jälkeen helppolukuinen. Kuvannossa 9.5 leikkaus on piirretty menemään kierrereiän keskilinjasta kappaleen keskilinjaan. Leikkauskuva ei ole kovin helppolukuinen.

Leikkauksen paikka ja kulku eivät aina ole itsestään selviä. Leikkaus kannattaa miettiä ja piirtää niin, että mahdollisimman monta yksityiskohtaa saadaan näkyviin samalla leikkauksella.

Leikkauksen kulku merkitään leveällä pistekatkoviivalla. On kuitenkin muistettava, että piirretyn kuvan on oltava yksiselitteisen selkeä ja helppolukuinen.



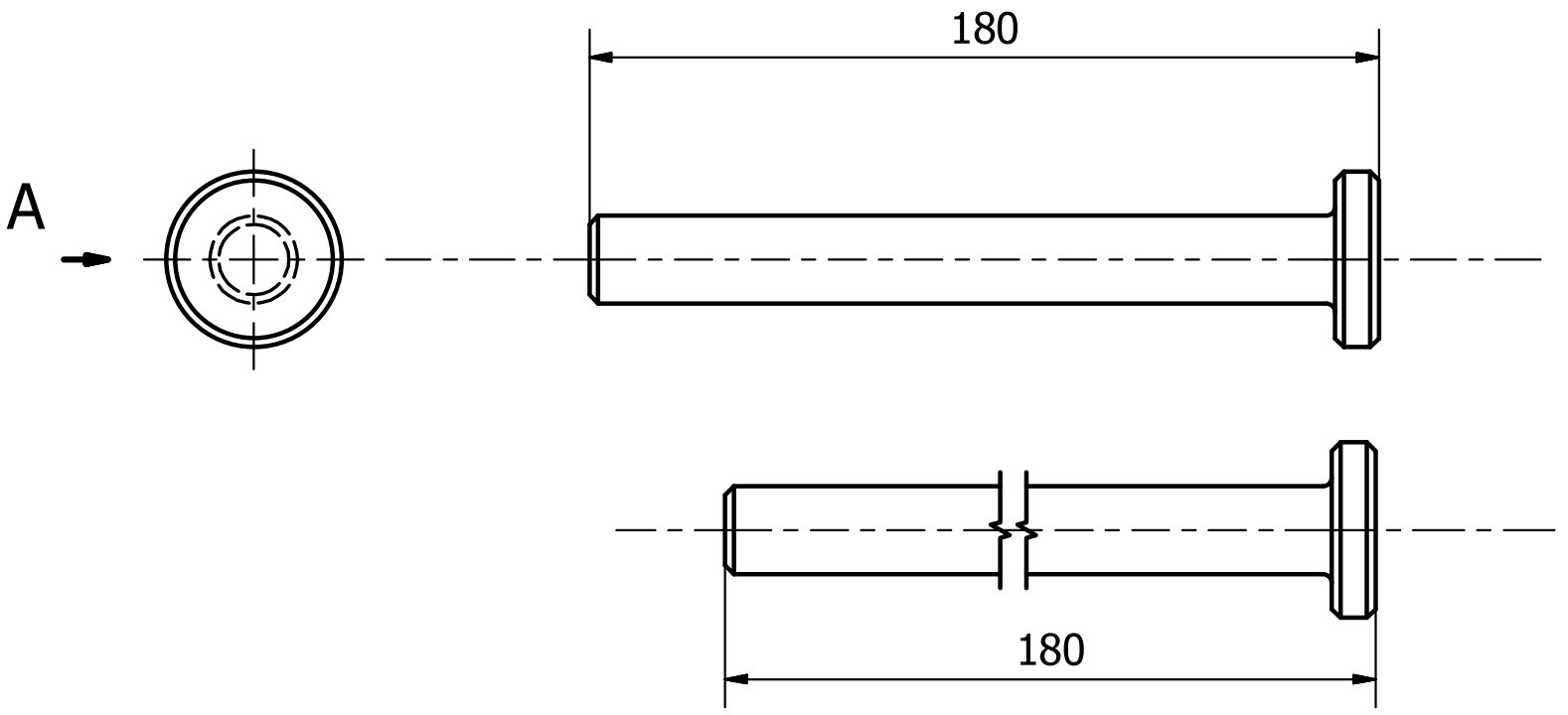
Kuva 9.6 Kappaleesta tehty kolme eri leikkausta.



Kuva 9.7 Edellisen kuvan (9.6) kappale on leikattu yhdellä leikkauksella.

9.4 Kappaleen esittäminen katkaistuna

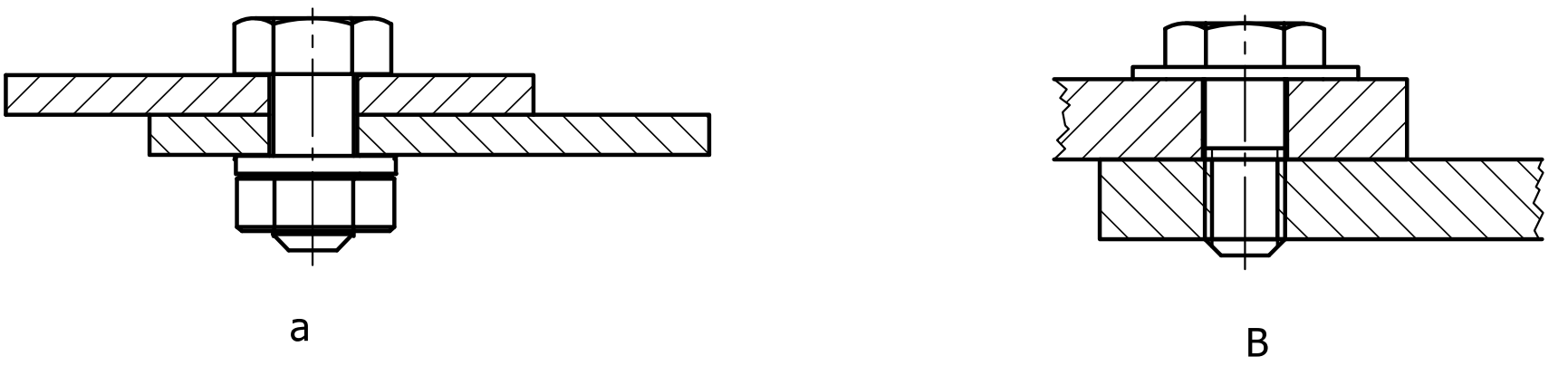
Jos kappaleessa on pitkä olake, jonka muoto pysyy samanlaisena, se voidaan tilan säästämisen takia piirtää katkaistuna. Katkaistuun reunaan piirretään ohut murtoviiva käsivaraisesti. Kuvassa 9.8 esitetään kappaleen lyhennys. Oleellista on muistaa, ettei mitään muotoa saa leikata pois.



Kuva 9.8 Lyhennys.

9.5 Säännöistä poikkeavat leikkaukset

Jos kappaleesta ei saada leikkaamalla esiin oleellisia yksityiskohtia, kappale jätetään leikkaamatta. Tällaisia osia ovat ruuvit, mutterit, niitit, aluslaatat ja muut vastaavat.

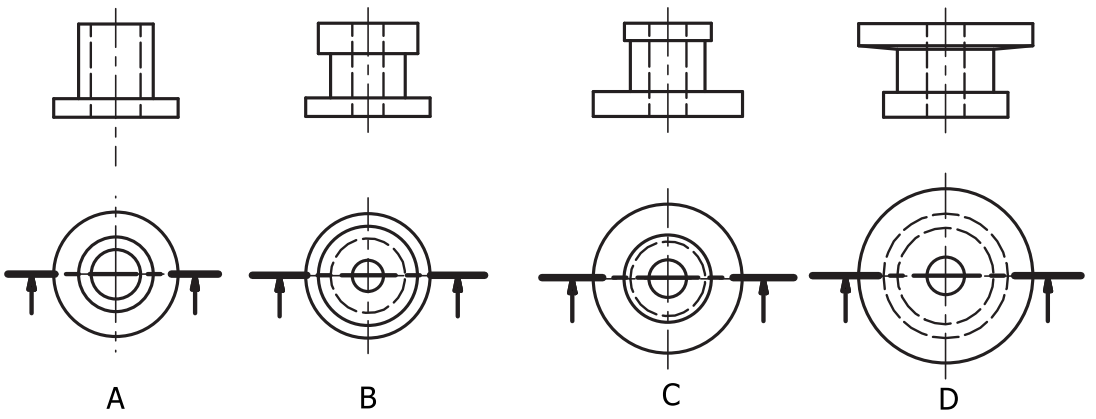


Kuva 9.9 Ruuviliitos.

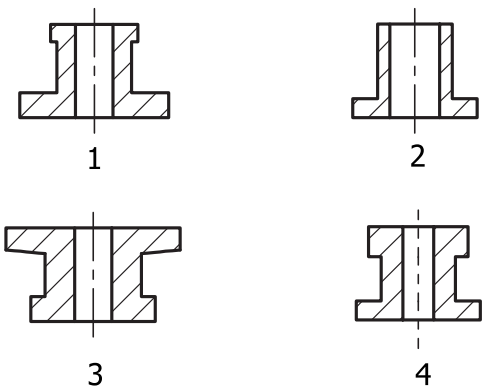
1. Millä tavalla kappaleen sisällä olevat muodot esitetään?

2. a) Minkä nimisiä leikkauksia on olemassa, ja mitä eroa niillä on?

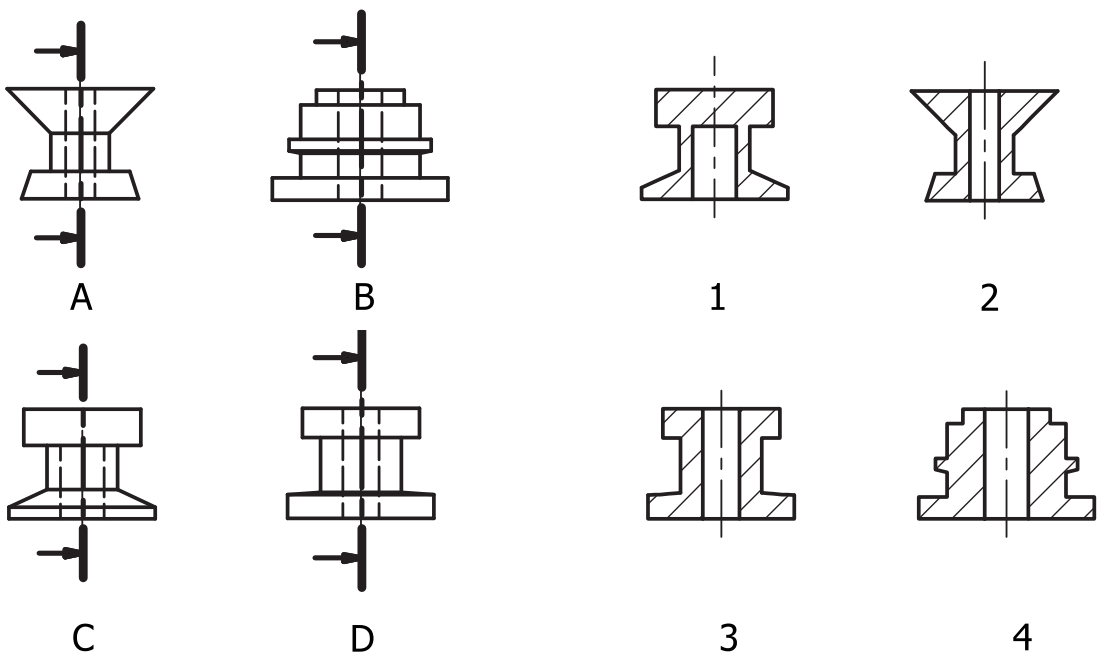
b) Merkitse vastaavuudet taulukkoon.



Vastaavuus			
A	B	C	D



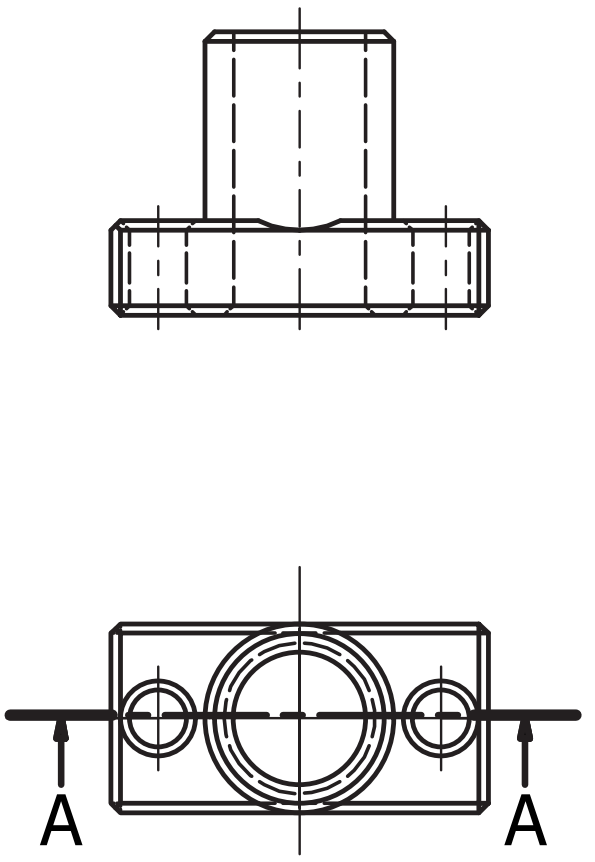
c) Merkitse vastaavuudet taulukkoon.



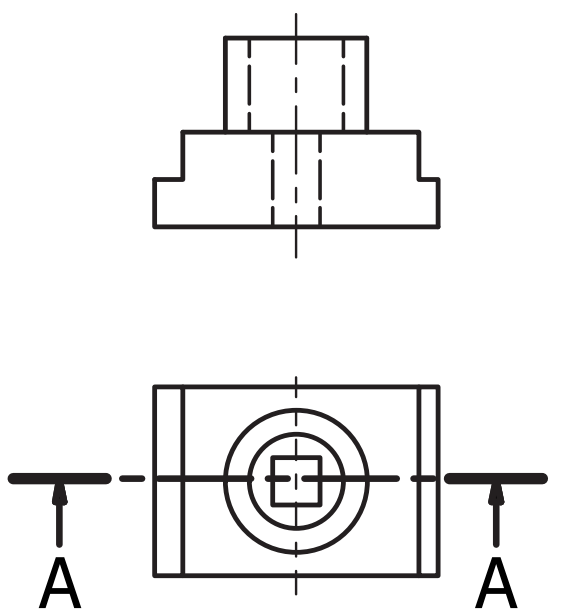
Vastaavuudet			
A	B	C	D

3. Täydennä kuvannon viereiseen ruudukkoon leikkauskuvannot alla oleviin kappaleisiin.

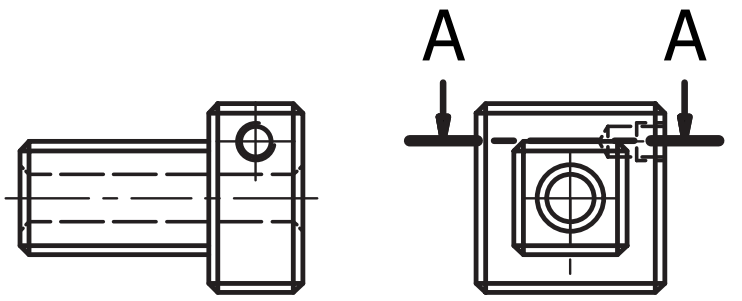
a)



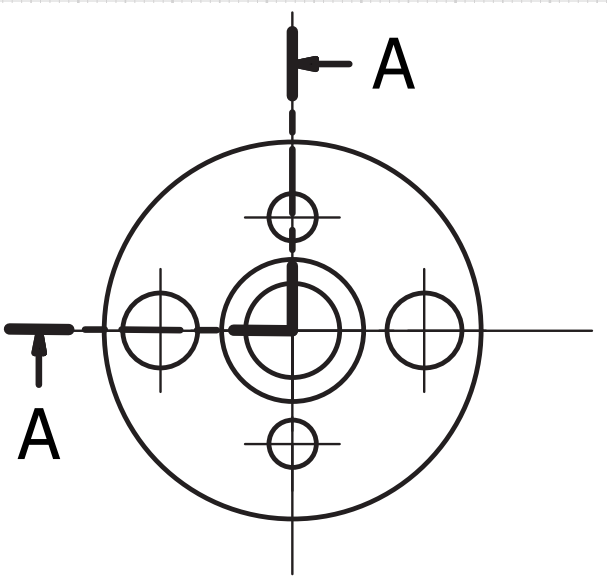
b)

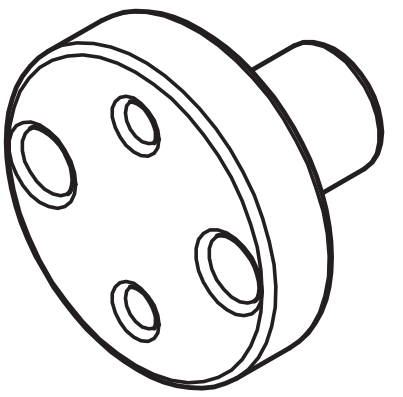


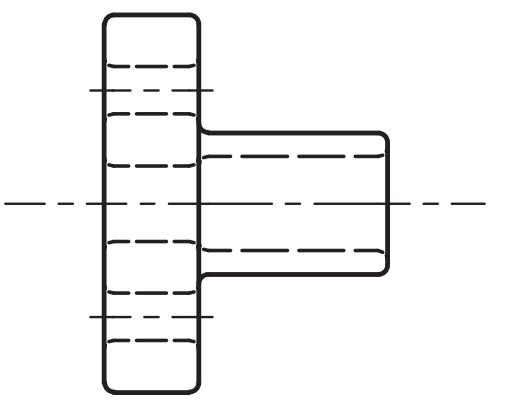
c)



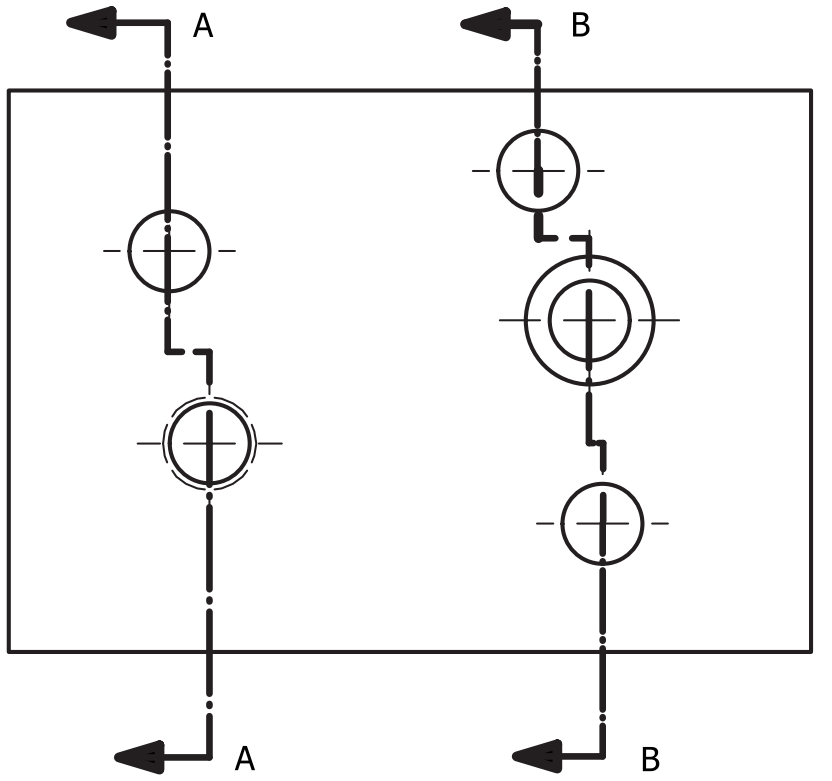
d)







e)



Leikkauksiin liittyviä standardeja

- **SFS-ISO 128-40** Tekniset piirustukset.
  Yleiset esittämisperiaatteet.
  Osa 40: Perussäännöt leikkauksille

- **SFS-ISO 128-44** Tekniset piirustukset.
  Yleiset esittämisperiaatteet.
  Osa 44: Leikkaukset koneenpiirustuksissa

- **SFS-ISO 128-50** Tekniset piirustukset.
  Yleiset esittämisperiaatteet.
  Osa 50: Perussäännöt leikkauspintojen esittämiseen

10 Mitoitus

10.1 Yleistietoa

Koneenpiirustuksissa mitoittaminen on projektioiden piirtämisen lisäksi tärkeimpiä asioita. **Hyvällä mitoituksella helpotetaan piirustuksen lukemista ja samalla vähennetään valmistusvirheiden mahdollisuuksia.** On siis tärkeää, että ennen mitoittamista piirtäjä miettii kappaleen valmistettavuutta. Tämän jälkeen hän alkaa mitoittaa kappaletta. Näin saadaan valmistuksen kannalta hyvin mitoitettu koneenpiirustus.

Tuote pitää pystyä valmistamaan piirustuksessa olevien mittojen perusteella, joten kaikkien valmistamiseen tarvittavien mittojen pitää olla näkyvissä piirustuksessa. Mittoja asetettaessa pitää miettiä, missä kuvannossa mitta näkyy parhaiten, ja merkittävä mitta siihen. Tarvittaessa täytyy mitoituksen parantamiseksi piirtää lisää kuvantoja. **Samaa mittaa ei kuitenkaan selkeyden vuoksi saa piirtää kuin yhteen kuvantoon.** Mitoituksesta pitää saada selkeä ja sellainen, ettei valmistuksessa tarvitse erikseen laskea valmistuksen kannalta tärkeitä mittoja koneenpiirustuksista. Jos mittoja joudutaan laskemaan valmistuksessa paljon, laskuvirheiden ja samalla virheellisten tuotteiden riski kasvaa.

Mitoittaminen on tärkeä tehdä voimassa olevien standardien mukaisesti. **Suomessa sovelletaan nykyisin standardia SFS-ISO-129-1, joka määrittelee mitoitusohjeet.** Lisäksi käytössä on alakohtaisia standardeja esimerkiksi hitsausliitoksiin. Standardien määräysten käyttö on vuosien saatossa lisääntynyt, koska samoilla piirustuksilla pitää yhä useammin pystyä valmistamaan kappaleita joka puolella maailmaa.

10.2 Mitoituksen osat ja niiden käyttö

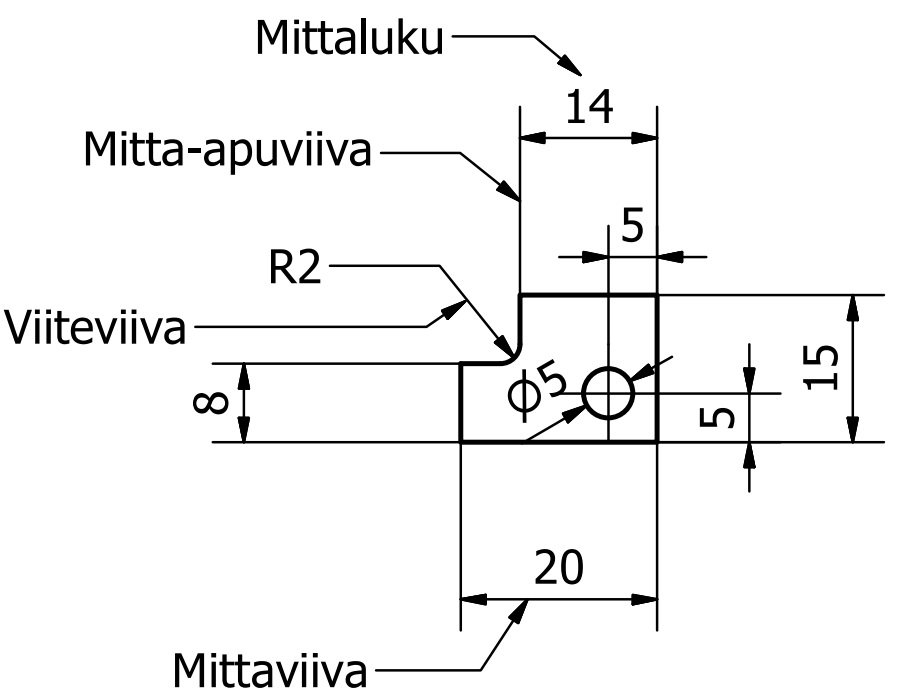
Mitoituksessa käytettävät komponentit ovat mittaluku, mittaviiva ja mitta-apuviiva. Seuraavassa on ohjeita niiden käytöstä:

MITTALUKU Kertoo muotoviivojen etäisyyden toisistaan millimetreinä. Millimetrin merkkiä (mm) ei merkitä koneenpiirustuksiin, vaan piirustusta lukeva tietää kaikkien lukujen tarkoittavan millimetrejä. Mittaluku kirjoitetaan käsin piirrettäessä selkein numeroin mittaviivan päälle noin 2 mm:n korkeudelle viivasta ja keskelle mittaviivaa tai mittaviivan jatkeelle. CAD-piirustusohjelmat tekevät tämän usein automaattisesti. Myös niissä kuitenkin voidaan jonkin verran muokata mittaluvun paikkaa. Numeron korkeuden tulisi olla pienissä kuvissa 3,5 mm ja suurissa kuvissa 5 mm.

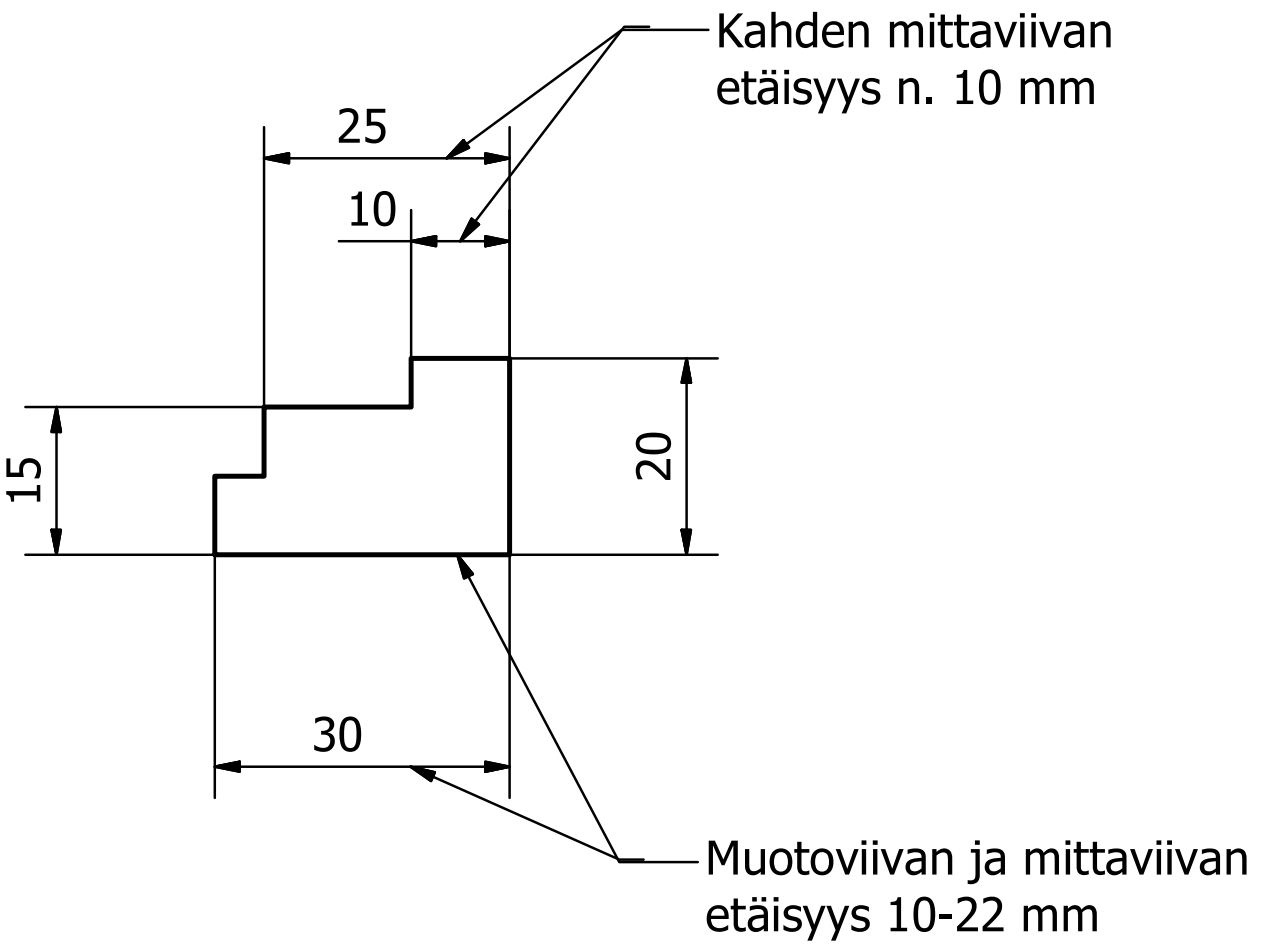
MITTAVIIVA Näyttää, minkä kahden muotoviivan välistä etäisyyttä mittaluvulla tarkoitetaan. Mittaviivan kummassakin päässä on nuolen kärki osoittamassa, että kyseessä on mittaviiva. Nuolen kärki osoittaa mitta-apuviivaa tai muotoviivaa, ja se on määritelty standardissa SFS-ISO 129. CAD-ohjelmat tekevät nuolenkärjet automaattisesti oikean muotoiseksi. Käsin piirrettäessä on erityisesti nuolet piirrettävä huolellisesti, koska huolimattomasti piirretyt nuolenkärjet saattavat tehdä koneenpiirustuksesta huonosti luettavan ja aiheuttaa turhia virheitä. Nuolenkärjet piirretään esitettävän mitan sisä- tai ulkopuolelle mittaviivan jatkeelle. Ahtaissa paikoissa esimerkiksi jonomitoituksessa käytetään nuolien tilalla pisteitä tai vinoviivoja. (Kuva 10.3.)

MITTA-APUVIIVA Mitta-apuviivoja käytetään selkeyttämään mitoitusta. Niillä saadaan muotoviivoja vastaavat mitat siirretyksi mitoituksen kannalta selkeämpään paikkaan. Yleensä mittaviivat pyritään siirtämään projektioiden ulkopuolelle selkeyttämään koneenpiirustusta.

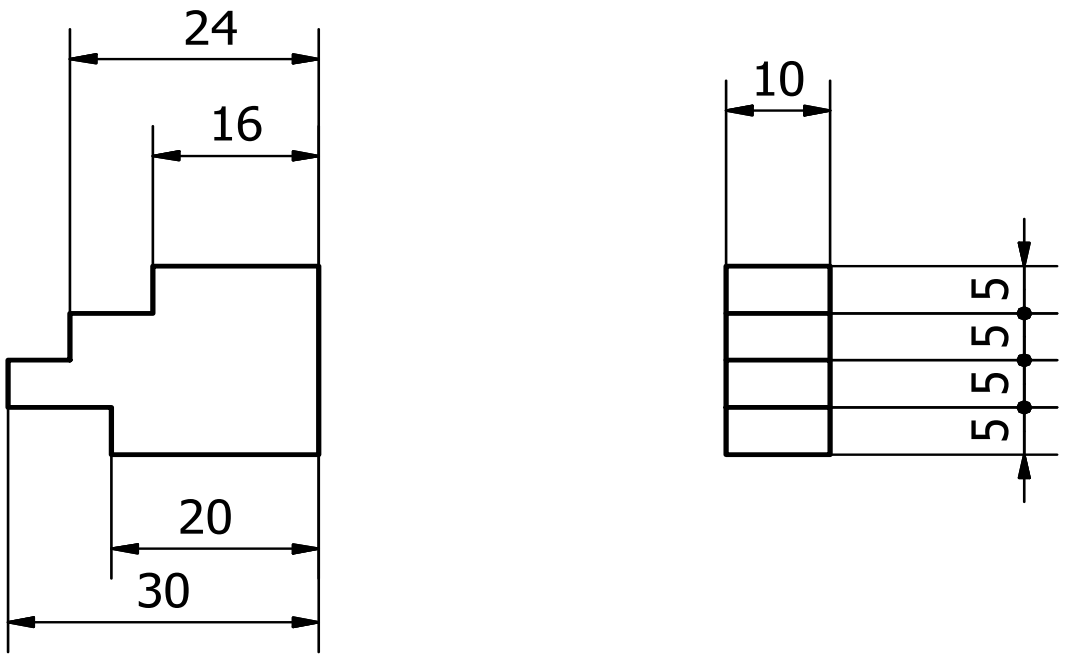
Sekä mittaviivat että mitta-apuviivat ovat ohuita ehjiä viivoja. Mitta-apuviivoja piirrettäessä on muistettava riittävän väljä lay-out. Mitta-apuviivan etäisyyden muotoviivasta olisi hyvä olla 10–22 mm. Samoin jos mitoituksessa tulee useita mitta-apuviivoja, niiden etäisyyden toisistaan tulisi olla noin 10 mm.



Kuva 10.1 Mitoitukseen liittyviä nimityksiä.



Kuva 10.2 Viivojen väliset etäisyydet.

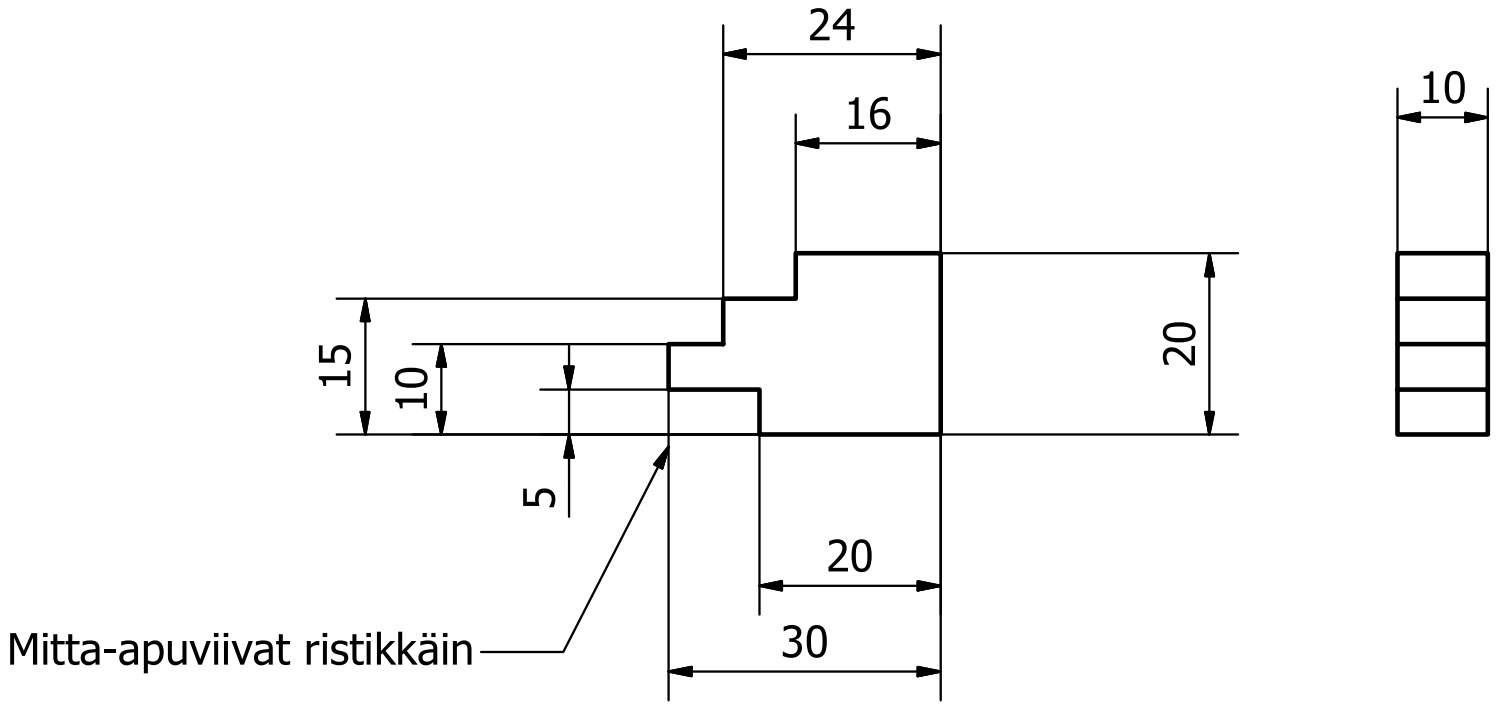


Kuva 10.3 Mitoitusesimerkki.

Mitoitus on pyrittävä suunnittelemaan niin, etteivät mittaviivat ja mitta-apuviivat mene ristikkäin. Ristikkäisyys heikentää kuvan luettavuutta ja saattaa aiheuttaa virheitä valmistuksessa. Kuvassa 10.4 mitta-apuviivat menevät ristikkäin. Mitoitus voidaan suunnitella tässä tapauksessa kuvan 10.3 tavalla.

Lisäksi on hyvä muistaa, että kuvantoja voidaan tarvittaessa piirtää lisää. Jos kuitenkin ristikkäisiltä mitta-apuviivoilta ei ole mahdollista välttyä, ne on esitettävä yhtenäisinä ilman katkoja. Lähtökohtana tulee aina olla, että kuvannoista voidaan yksiselitteisesti nähdä, minkälainen kappale valmistetaan. Lisäksi kuvassa 10.3 mittaviivojen nuolet on korvattu pisteillä. Tämä on mahdollista silloin kun nuolienpiirtämiselle ei ole riittävästi tilaa mitta-apuviivojen välissä.

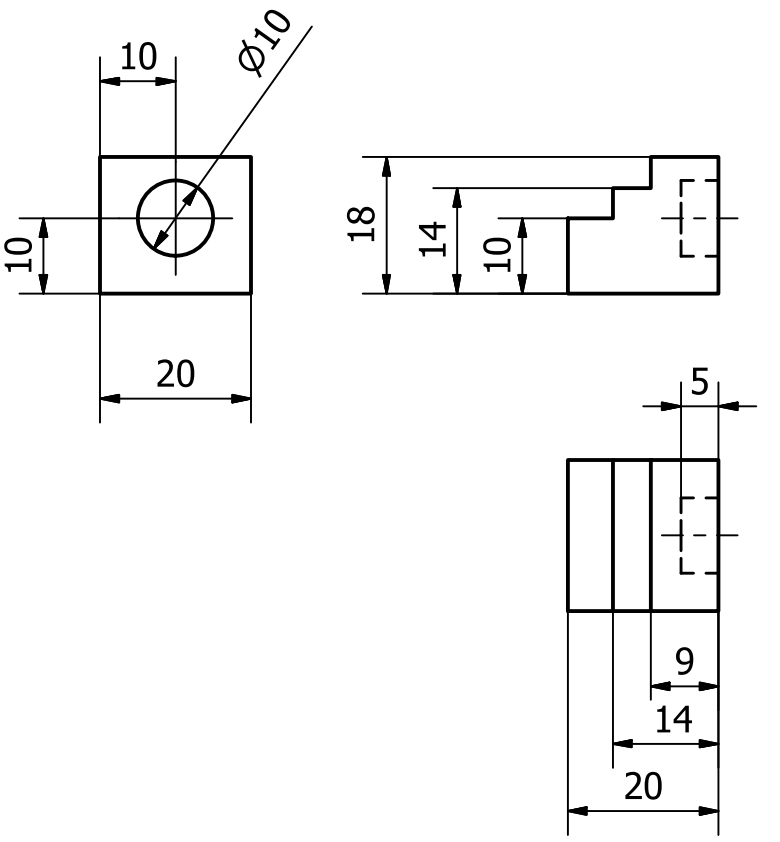
Kuva 10.4 Mitta-apuviivat ovat ristikkäin.



10.3 Mitoitusmenetelmät

Menetelmä 1

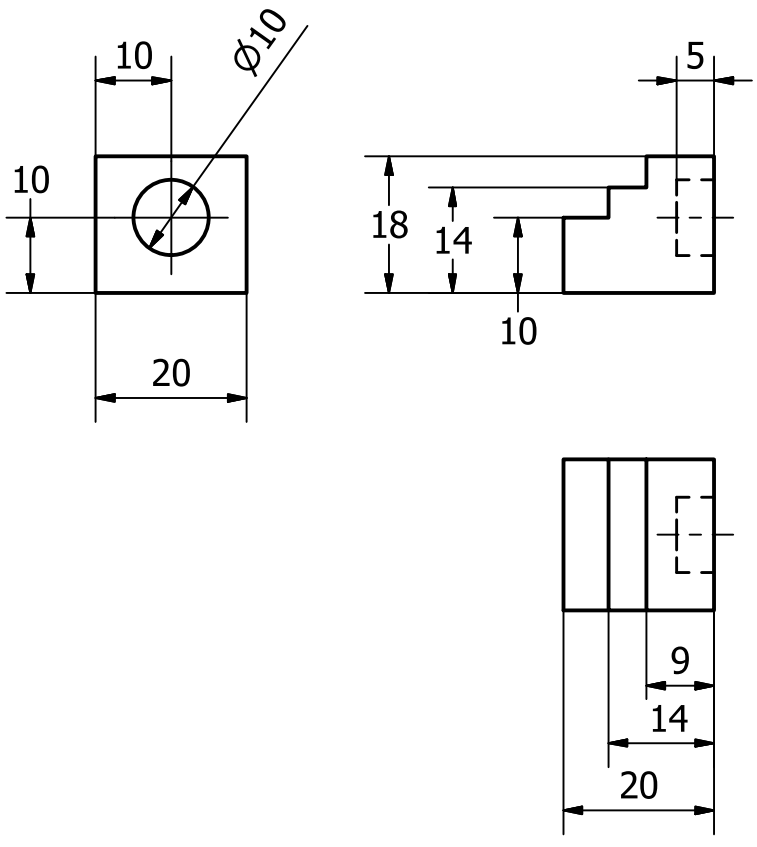
Mittaluvut ja mittaviivat ovat samaan suuntaan kuvan 10.5 mukaisesti. Mittaluvut ovat yleensä luettavissa kahdesta suunnasta. **Muista, ettei sama mitta saa esiintyä kuvassa kuin kerran.** Lisäksi piilossa olevia muotoviivoja ei piirretä, jos ne aiheuttavat sekaannuksen mahdollisuuden. Vasemman puoleisesta kuvannosta on jätetty piirtämättä katkoviivat sekaantumisvaaran takia.



Kuva 10.5 Mittaluvut ja mittaviivat piirretty samaan suuntaan.

Menetelmä 2

Mittalukujen sijoitus on samansuuntainen kuin piirustuksen alareuna kuvan 10.6 mukaan. Mittaluvut pystytään lukemaan yleensä yhdestä suunnasta.



Kuva 10.6 Mittaluvut piirretty samaan suuntaan.

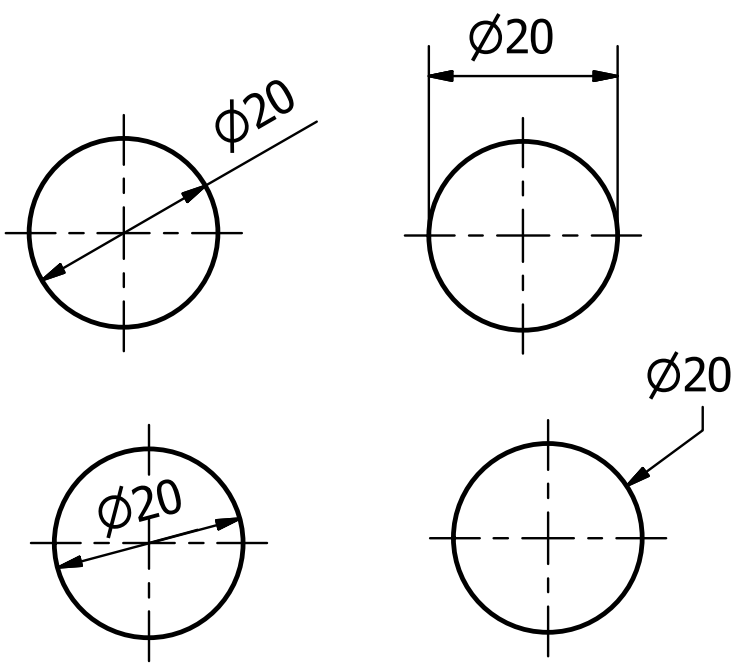
10.4 Mittalukujen tunnukset

Tässä kappaleessa esitetään muutamia muodon mitoitukseen liittyviä ohjeita.

Halkaisija

Halkaisijaa osoittavan mittaluvun eteen lisätään merkki Ø. Aiemman (vanhan) säännön mukaan halkaisijan merkkiä ei laitettu mittaluvun eteen, jos piirustuksesta muutenkin ilmeni, että kysymyksessä on halkaisija. Nykyisin se pitää tällaisissa tapauksissa merkitä.

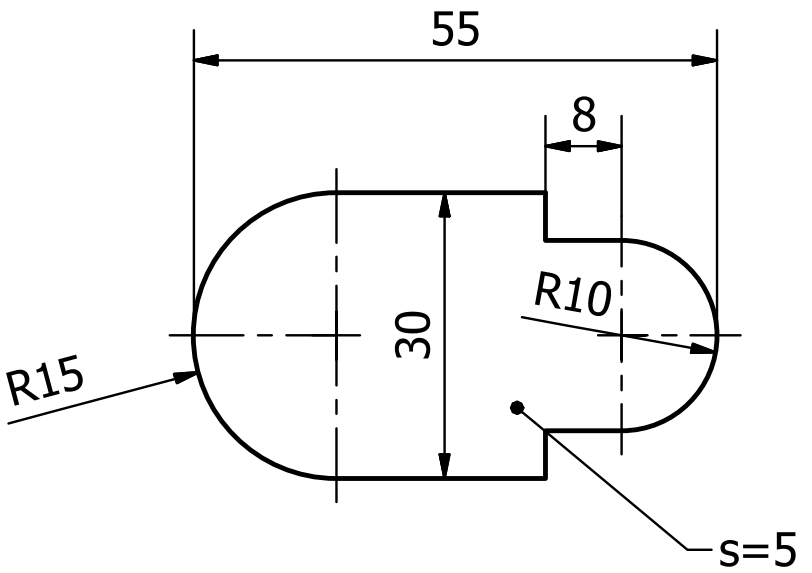
Halkaisija voidaan merkitä seuraavassa esiteltävillä tavoilla. Halkaisijan suuruus voidaan myös merkitä säteen avulla.



Kuva 10.7 Eri tapoja merkitä halkaisijamitta.

Säde

Säde voidaan merkitä seuraavassa näkyvällä tavalla. Sädettä piirrettäessä on huomioitava, että säteen paikka on pystyttävä mitoittamaan yksiselitteisesti kappaleen valmistamisen takia.

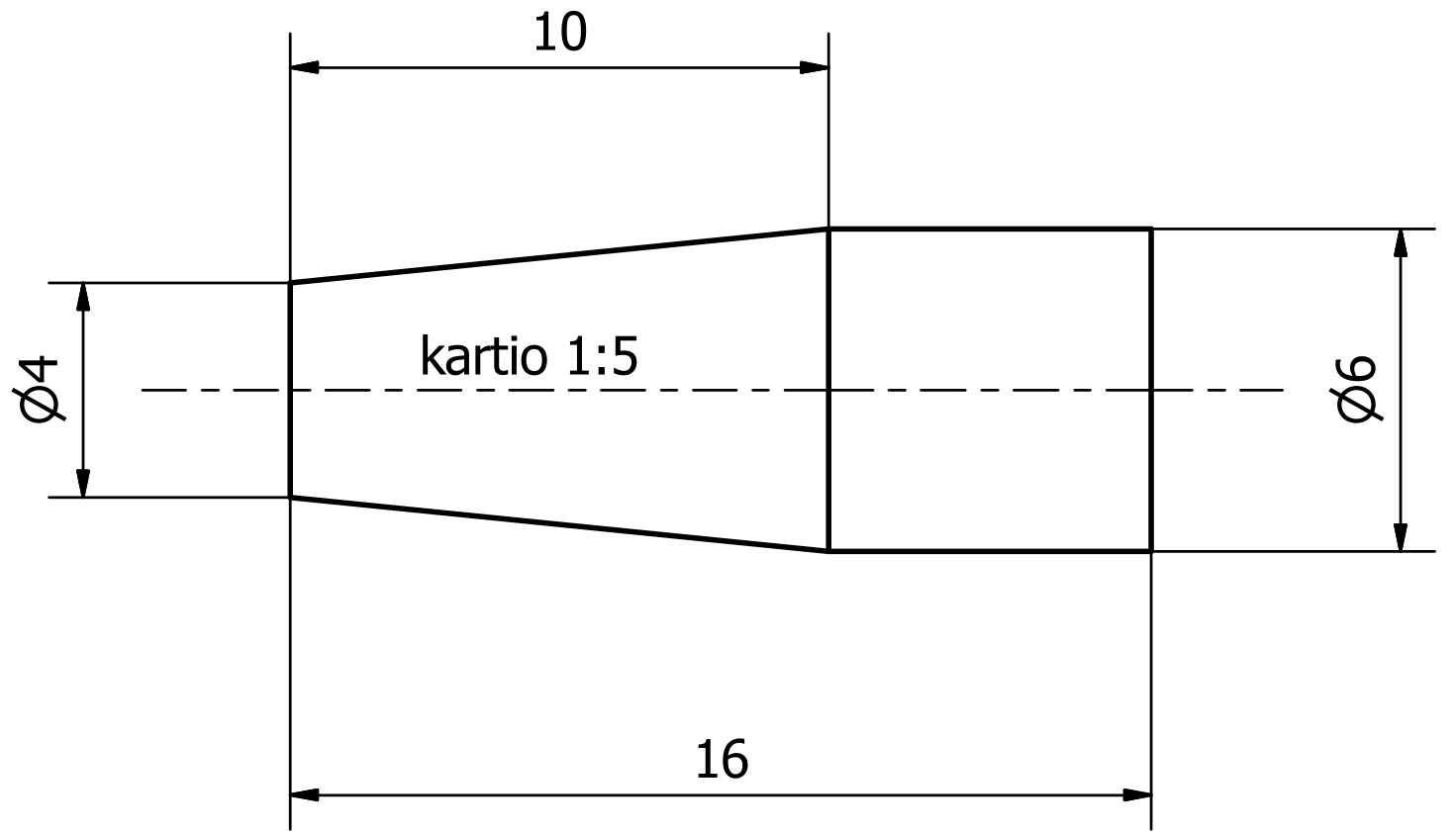


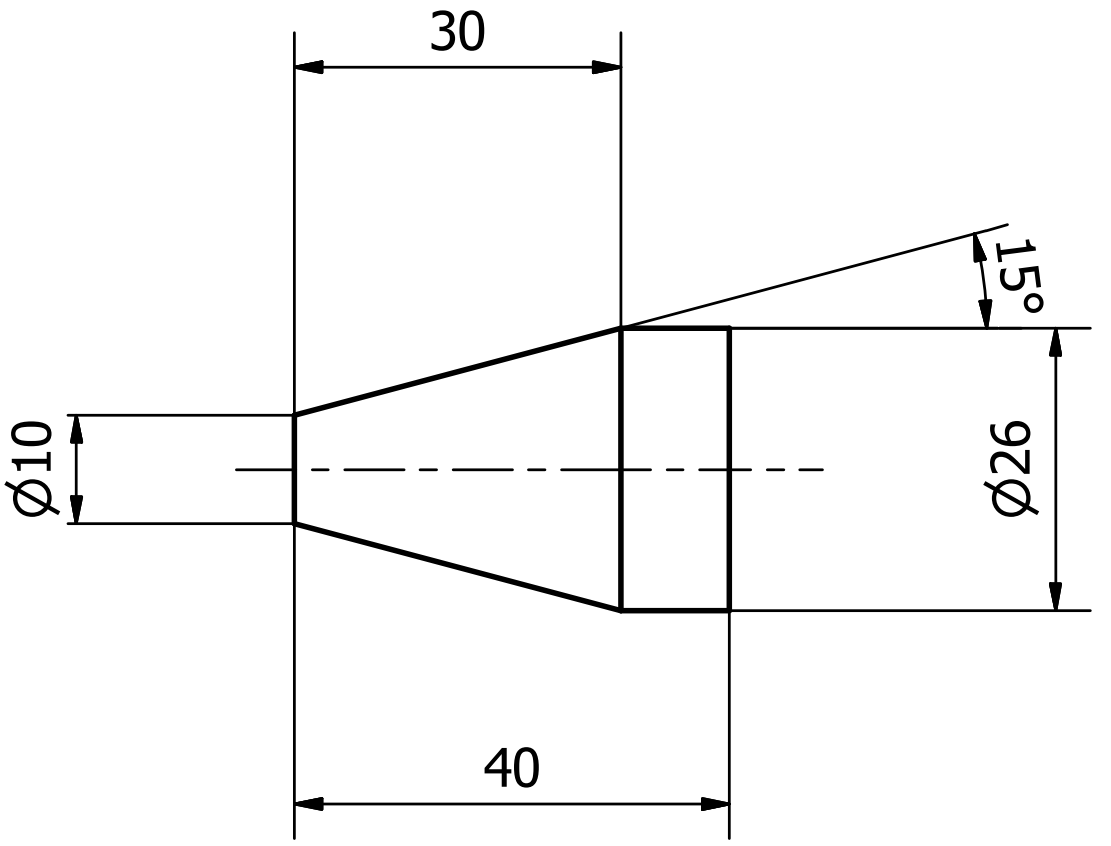
Kuva 10.8 Säteen merkitsemistapoja.

Kartio

Kartion voi mitoittaa seuraavalla tavalla joko suhdemerkinnällä tai ilmoittamalla kartion kulman.

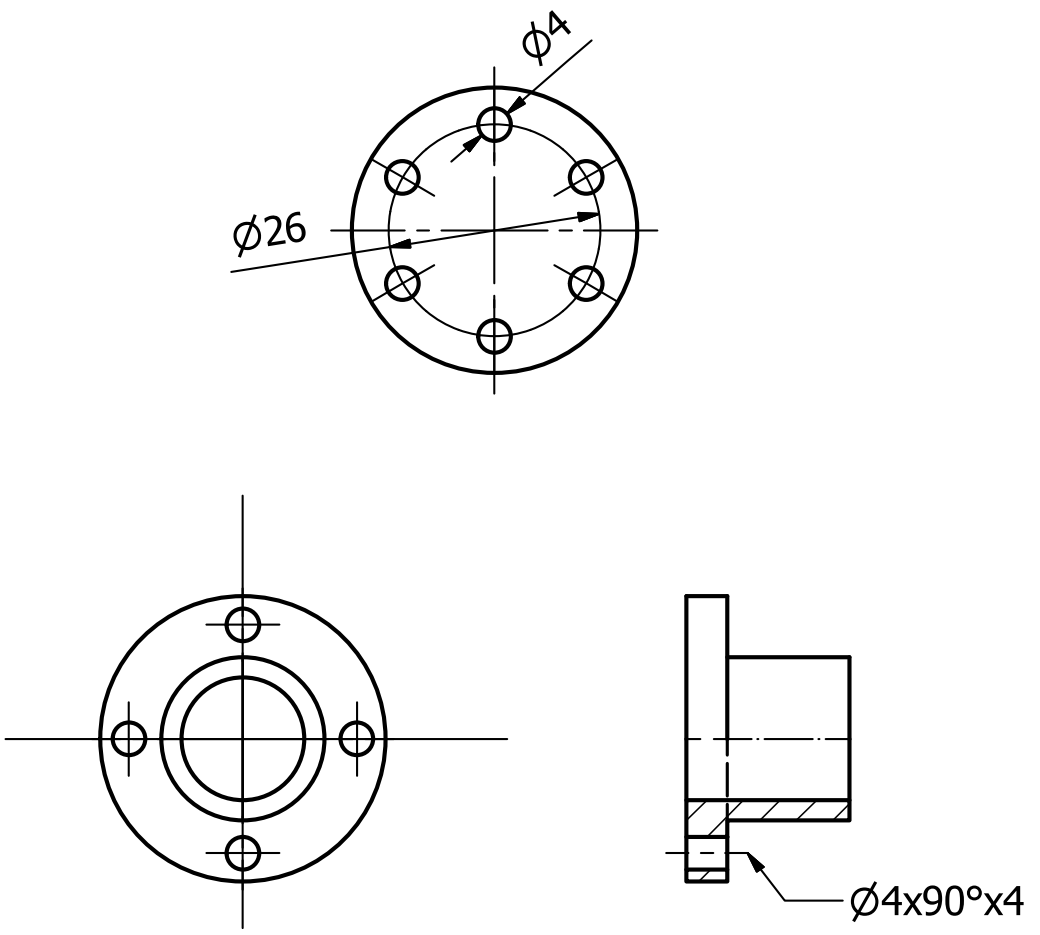
Kuva 10.9 Kartion merkitsemistapoja.





Toistuva elementti

Toistuvassa elementissä ei tarvitse ilmoittaa jokaista mittaa vaan koneenpiirustuksen selkeyden takia ilmoitetaan yhden esimerkiksi reiän suuruus.

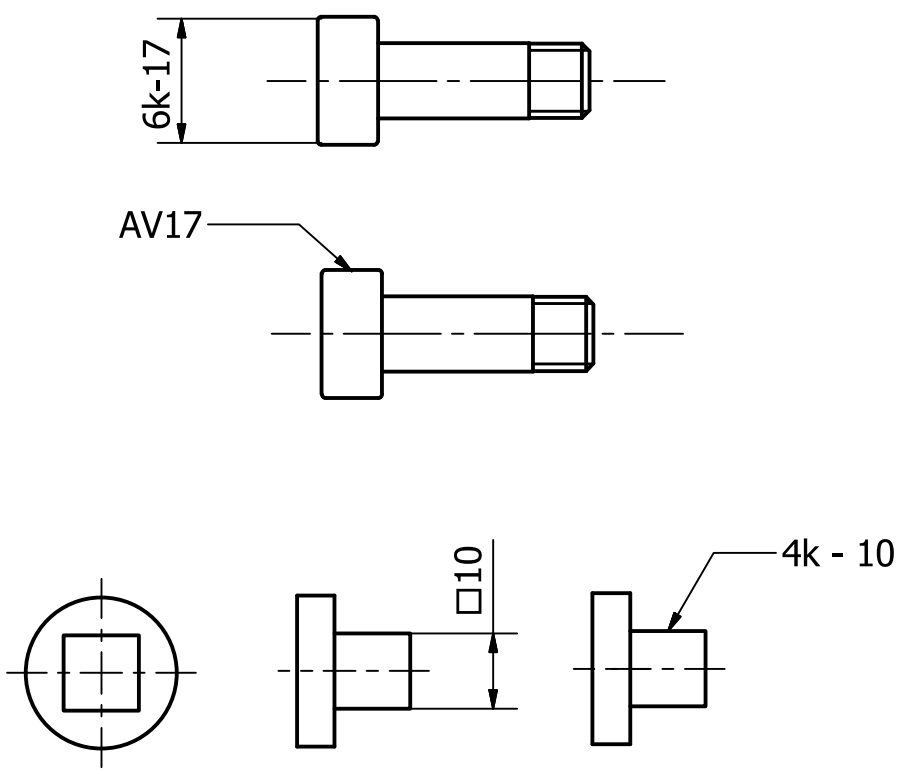


Kuva 10.10 Toistuvan elementin merkitsemistapoja.

Avainväli ja tasopinnat

Avainvälin tai tasopinnan voi merkitä seuraavassa näkyvällä tavalla. Isot kirjaimet AV tarkoittavat avainväliä ja kirjainten perässä oleva numero avainvälin suuruutta. Tasopinnat voidaan merkitä seuraavasti:

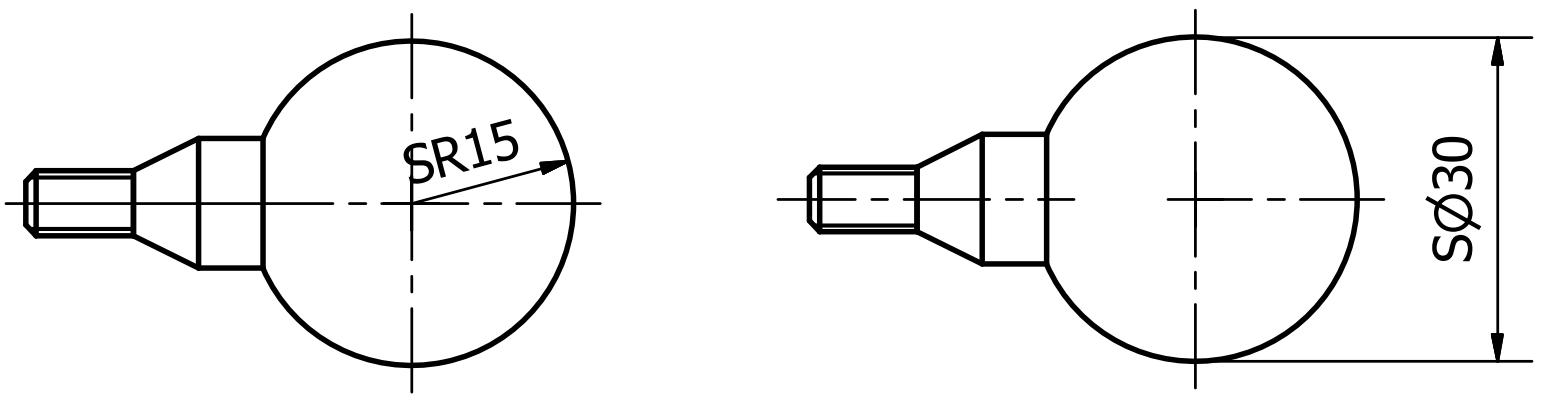
- 4k = nelikulmio
- 6k = kuusikulmio
- 8k = kahdeksankulmio.



Kuva 10.11 Tasopintojen ja avainvälin merkitsemistapoja.

Pallo

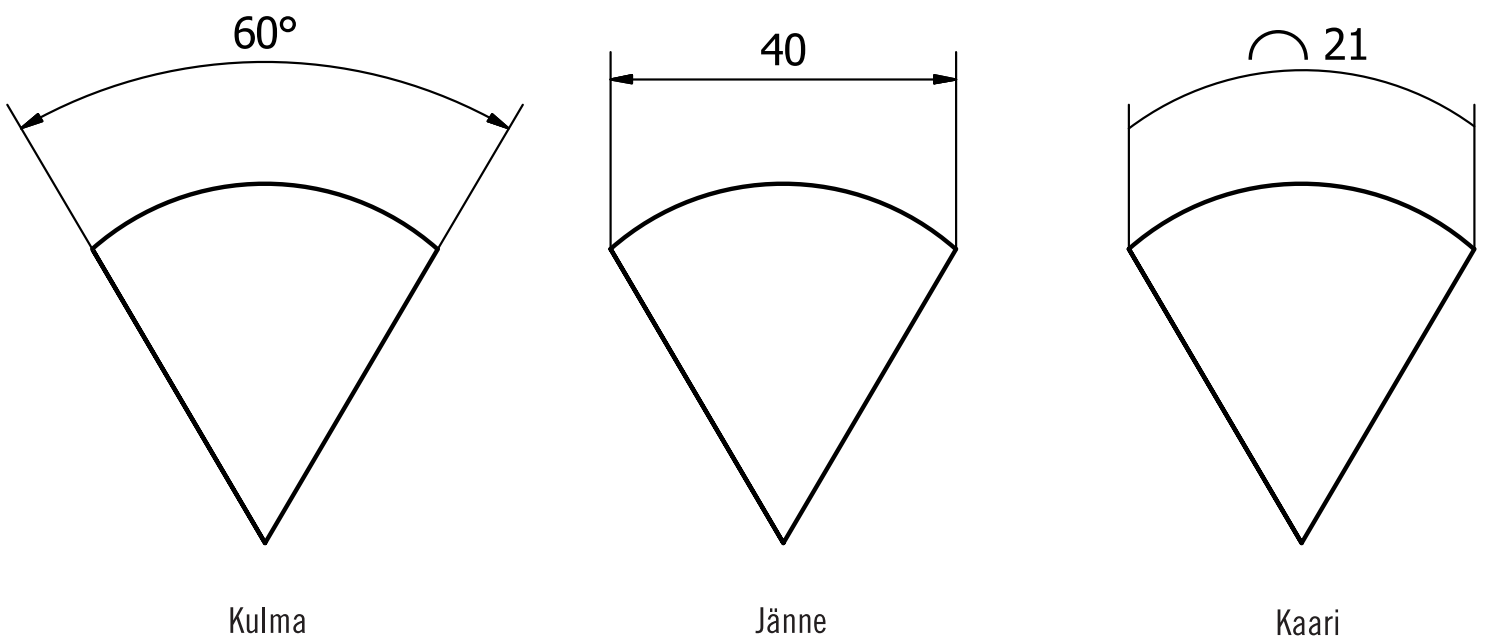
Pallo voidaan merkitä joko kirjaimilla SR ja pallon säde numeroilla tai kirjaimilla SØ ja pallon halkaisija numeroilla.



Kuva 10.12 Pallon merkitsemistapoja.

Kulma, jänne ja kaari

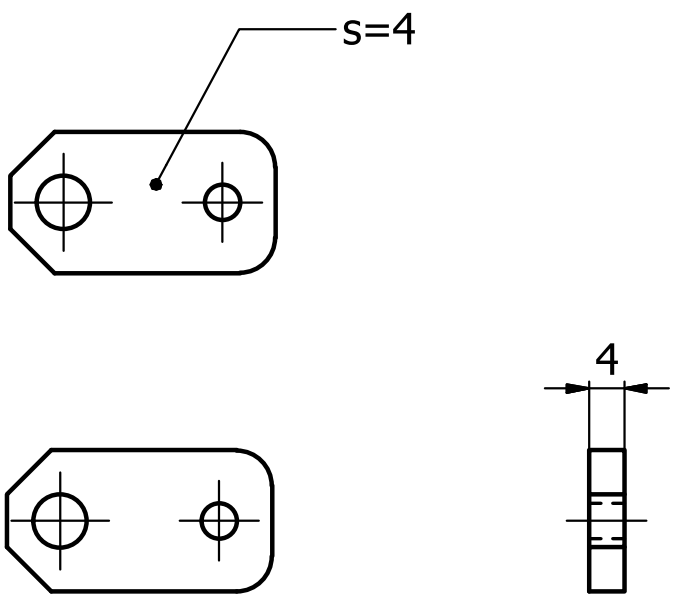
Kulma, jänne ja kaari merkitään seuraavassa kuvassa esitettävällä tavalla.



Kuva 10.13 Kulman, jänteen ja kaaren merkitseminen.

Paksuus

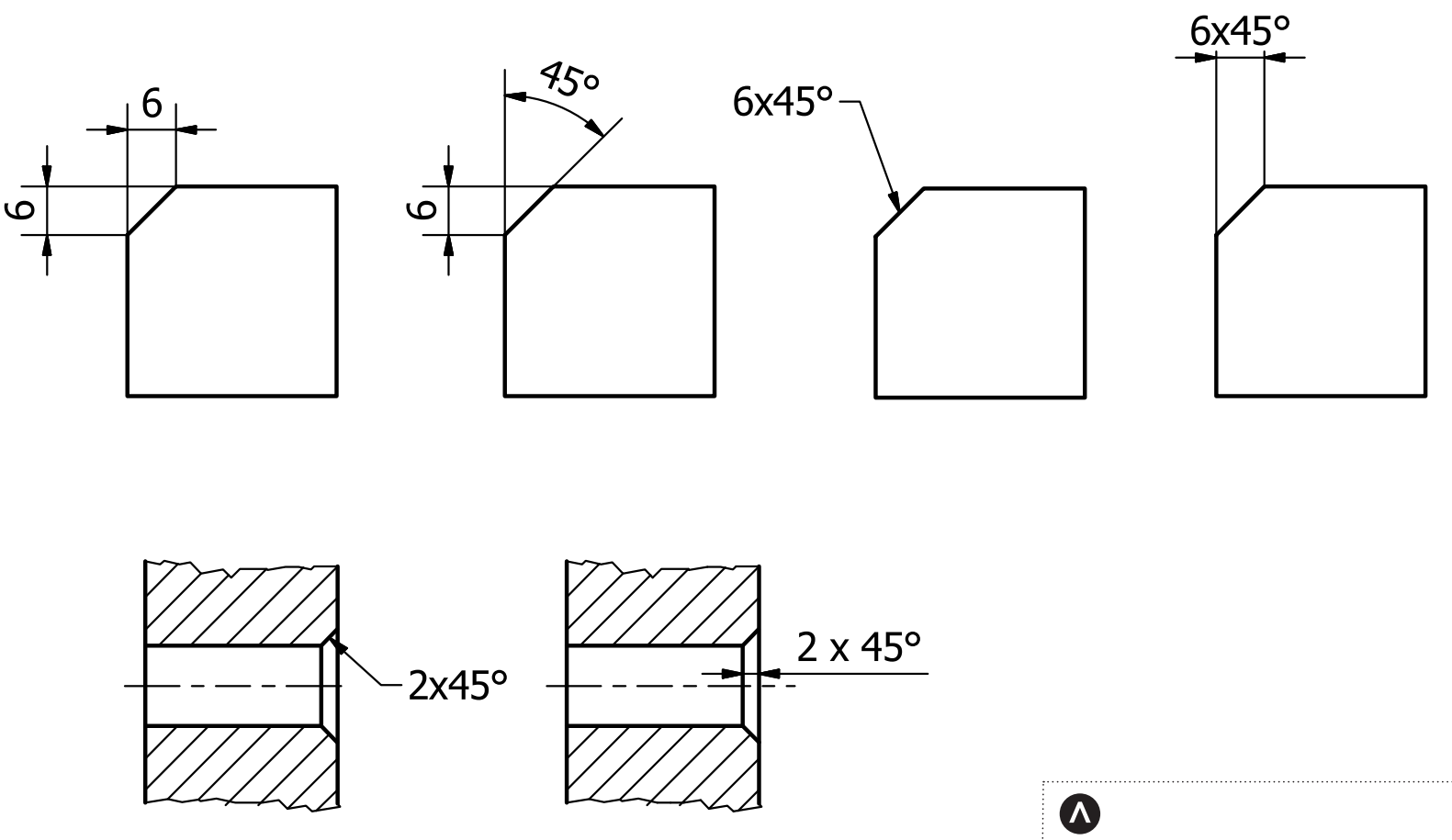
Levyn vahvuuden voi merkitä piirtämällä kappaleen pinnasta mittaviivan, jonka päässä on mustattu pallo, ja kirjoittamalla pienellä s-kirjaimen ja yhtäläisyysmerkin jälkeen levyn vahvuuden numerona.



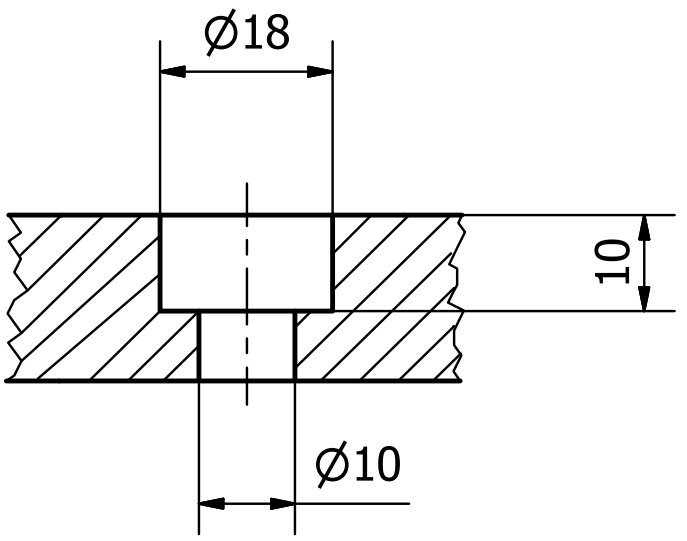
Kuva 10.14 Paksuuden merkitseminen ilman toista kuvantoa.

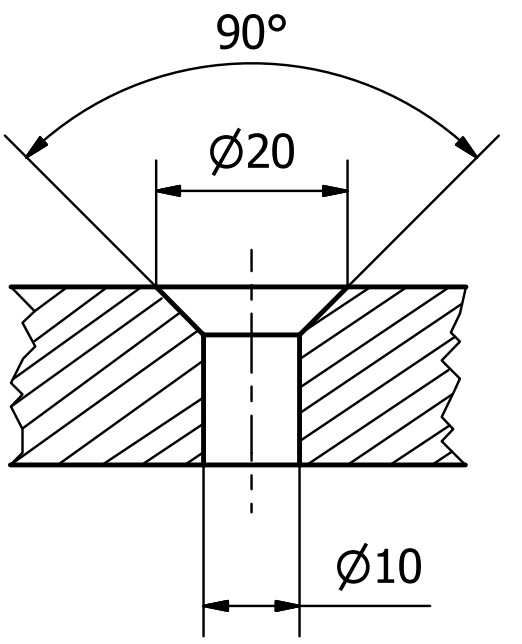
Viisteet ja upotukset

Viisteet voidaan toteuttaa kuvan 10.15 mukaan. Lisäksi jos kuvassa ei ole kuin yhden kokoisia viisteitä. ne voidaan merkitä otsikkotaulun yläpuolelle merkinnällä esimerkiksi: **”Kaikki terävät särmät 1x1” tai ”Viisteet 1x1”.**
Upotukset mitoitetaan kuvan 10.16 mukaisesti.



Kuva 10.15 Erilaisia tapoja viisteen mitoittamiseen.





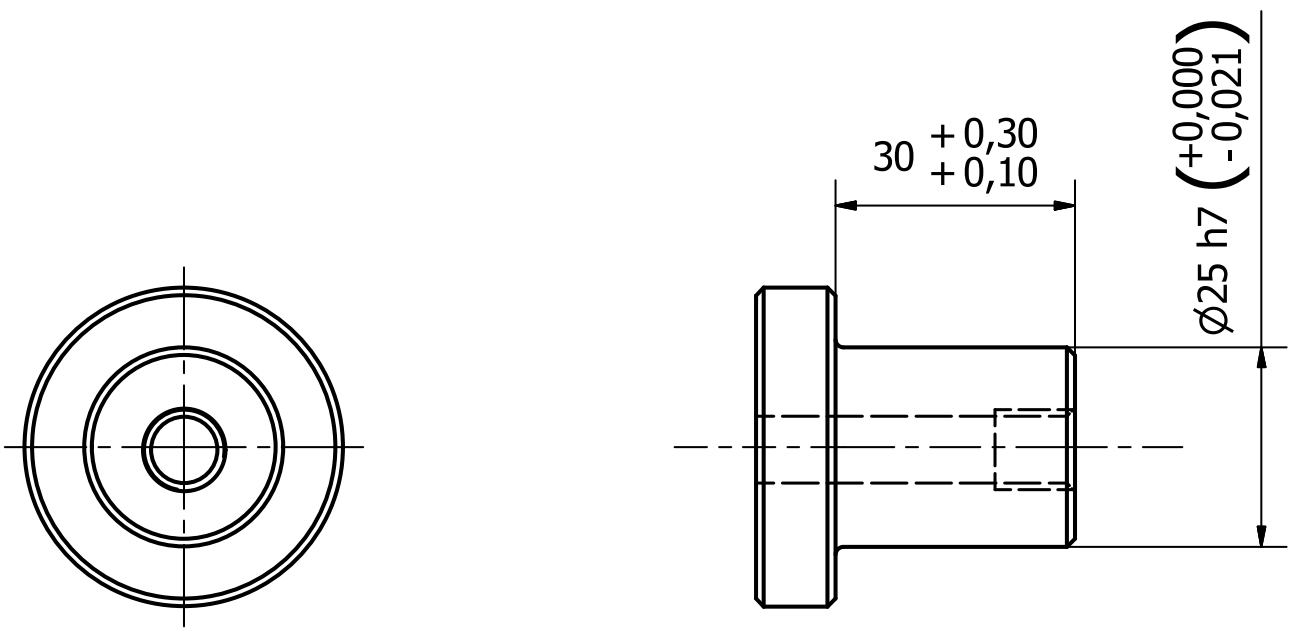
Kuva 10.16 Upotuksen mitoittamisen tapoja.

10.5 Mittalajit

Mitoitusta suunniteltaessa on huomioitava, etteivät kaikki mitat ole tasavertaisia vaan niillä on oma tarkoituksensa. Standardin SFS-ISO 129 mukaan mitat voidaan jakaa kolmeen eri lajiin: toiminnallisiin mittoihin, eitoiminnallisiin mittoihin ja apumittoihin.

Toiminnalliset mitat

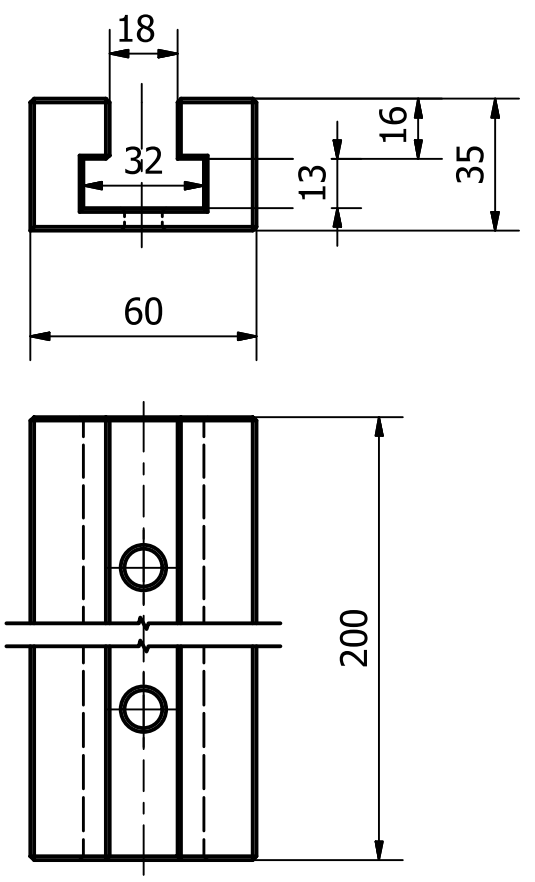
Toiminnalliset mitat annetaan laitteen kokonaisuuden kannalta tärkeisiin kohtiin. Ne varmistavat laitteen moitteettoman toiminnan. Toiminnallisissa mitoissa on usein toleransseja halutun toiminnan varmistamiseksi.



Kuva 10.17 Toiminnalliset mitat.

Ei-toiminnalliset mitat

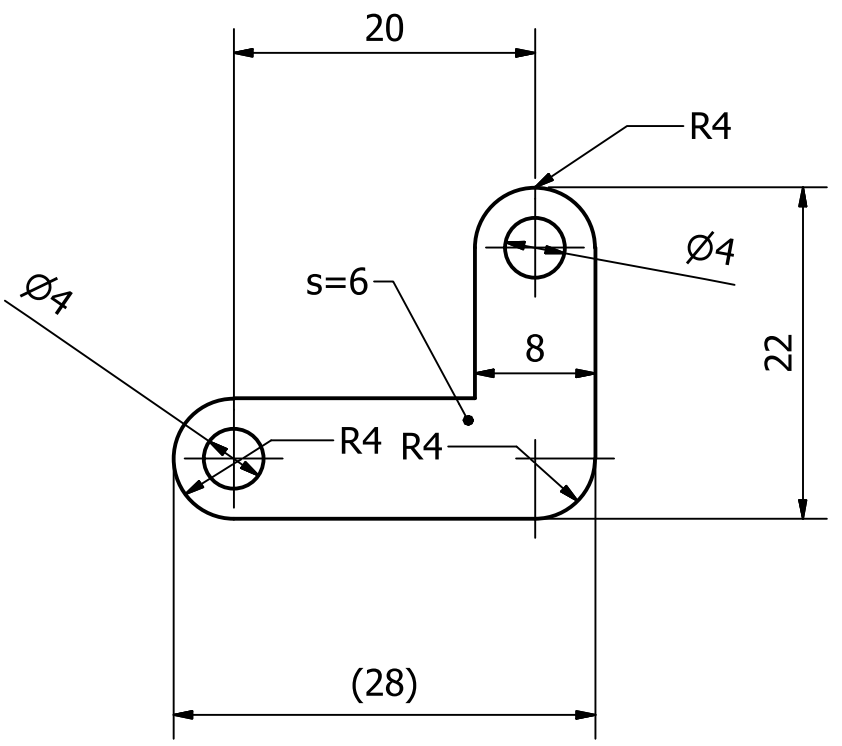
Nämä mitat eivät ole tärkeitä laitteen toiminnan kannalta. Niitä käytetään valmistuksen ja mittaamisen helpottamiseksi.



Kuva 10.18 T-ura, jossa on tarkoitus liikuttaa T-kantaruuvia M16 DIN 186 1988/04. Uran leveys ei ole merkitsevä kappaleen valmistuksessa.

Apumitat

Apumittoja käytetään antamaan informaatiota valmistettavasta kappaleesta. Esimerkiksi jos kappaleen pituus on määritelty toiminnallisilla mitoilla mutta halutaan kuitenkin ilmoittaa kappaleen kokonaispituus, kokonaismitta pitää merkitä kuvaan apumittana kuvan 10.19 tapaan. Apumitta merkitään aina sulkujen sisään. Sulkeiden sisällä oleviin mittalukuihin eivät kohdistu yleistoleranssit.



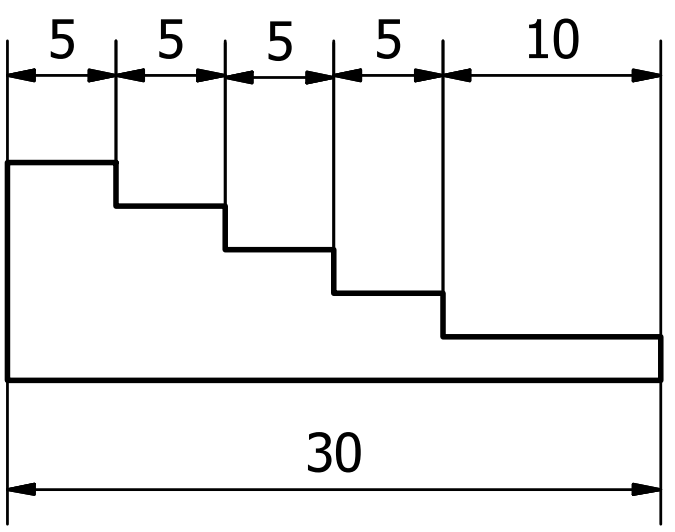
Kuva 10.19 Mitta 28 on merkitty apumitaksi.

10.6 Mitoitustavat

Valmistettavan kappaleen voi mitoittaa monella eri tavalla. Mitoitustapaa valittaessa on aina tärkeä miettiä kappaleen valmistettavuutta. **Hyvin mitoitetussa koneenpiirustuksessa kaikki valmistamiseen liittyvät mitat on kirjoitettu kuvaan niin, ettei niitä tarvitse laskea muista mitoista.**

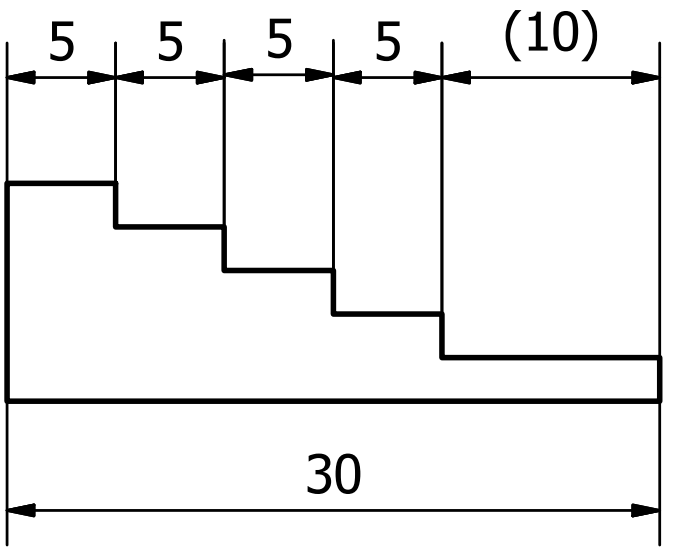
Ketjumitoitus

Ketjumitoituksessa mitat merkitään peräkkäin. Usein kuvaan merkitään myös kappaleen kokonaismitta. Tässä tapauksessa joudutaan jokin mitta valitsemaan apumitaksi, koska muuten valmistamisen yleistoleransseissa tulisi ristiriita.

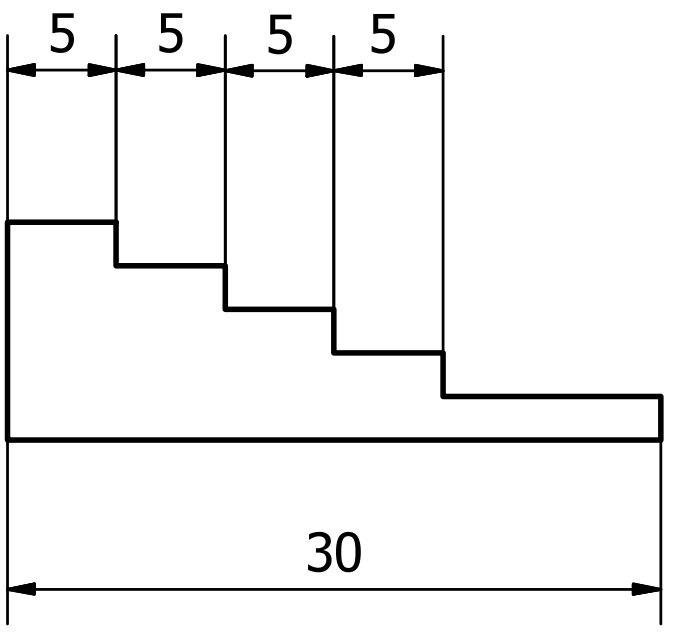


a

Kuva 10.20 Piirustuksen kohdassa a on suljettu ketjumitoitus. Sen käyttö ei ole sallittua. Yksi mitta on valittava apumitaksi. Kuvan kohdassa b on oikea mitoitustapa.



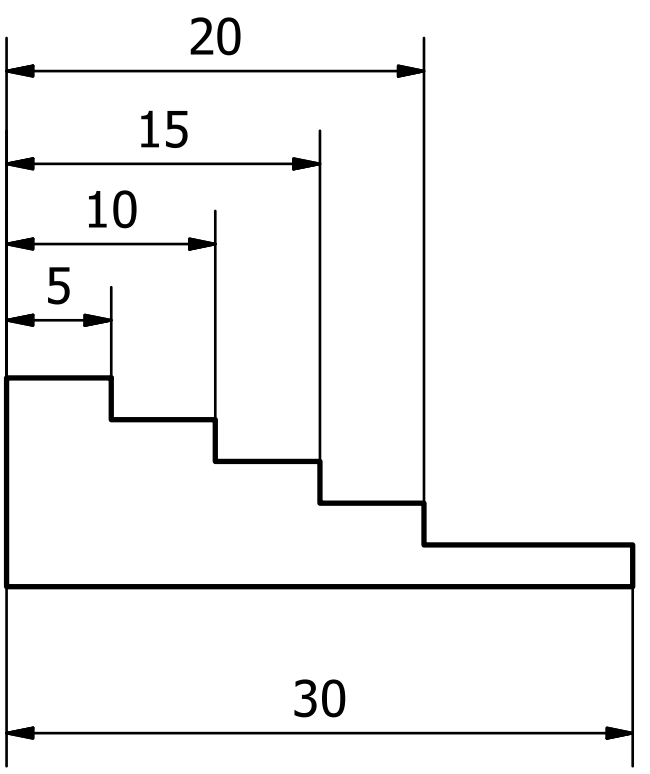
b



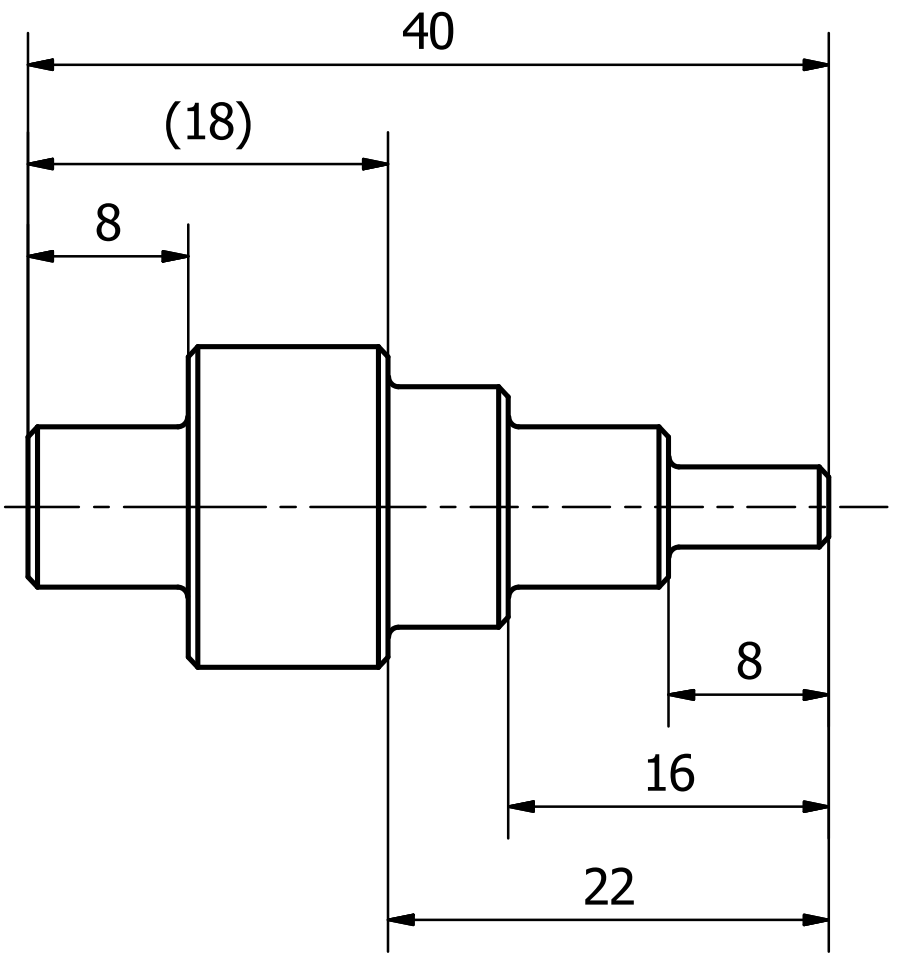
Kuva 10.21 Piirustuksessa on avoin ketjumitoitus.

Perusviivamitoitus

Perusviivamitoituksessa valitaan jokin paikka kappaleen nollapisteeksi. Tästä nollapisteestä annetaan kaikki kappaleen mitat. Perusviivamitoituksessa on hyvä huomioida kappaleen valmistettavuus työstökoneella. Kuvassa 10.23 on mietitty valmiiksi, missä akselin CNC-sorvauksen kääntöpiste on, laittamalla samaan pisteeseen mitoituksen perusviiva.



Kuva 10.22 Perusviivamitoitus.

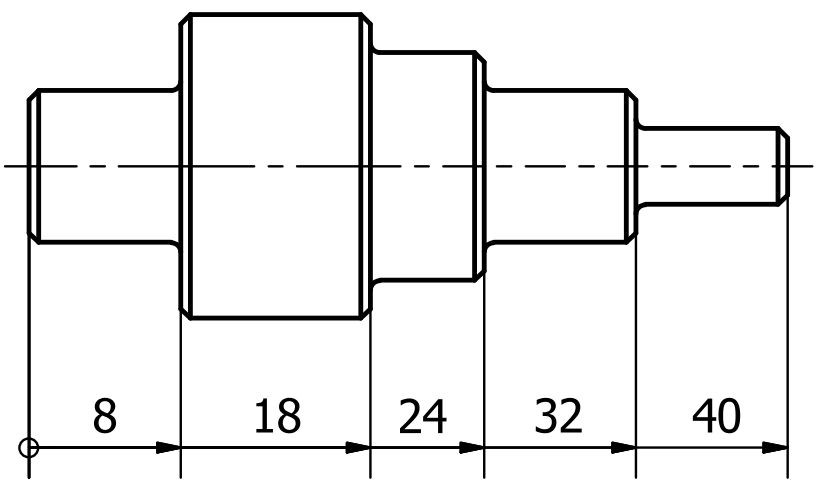


Kuva 10.23 Perusviivamitoitus, jossa perusviiva ei ole kappaleen päässä.

Jatkuva perusviivamitoitus

Jatkuvassa perusviivamitoituksessa määritellään mitoituksen nollakohta kappaleen päähän kuvan 10.24 tapaan. Kaikki mitat esitetään suhteessa nollapisteeseen eikä edelliseen mittaan nähden. Mittaluku kirjoitetaan lähelle nuolta eikä keskelle mittaviivaan toisin kuin normaalisti. Kätevintä on käyttää perusviivamitoitusta kaksisuuntaisesti kuvan 10.23 tapaan.

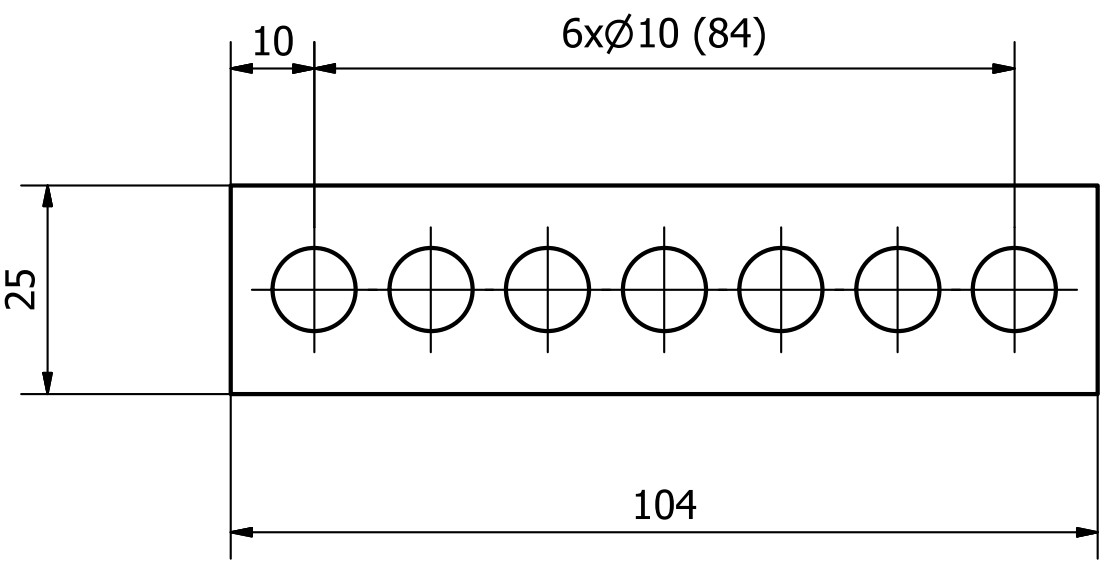
Kuva 10.24 Perusviivamitoitus jatkuvalla mitoituksella.

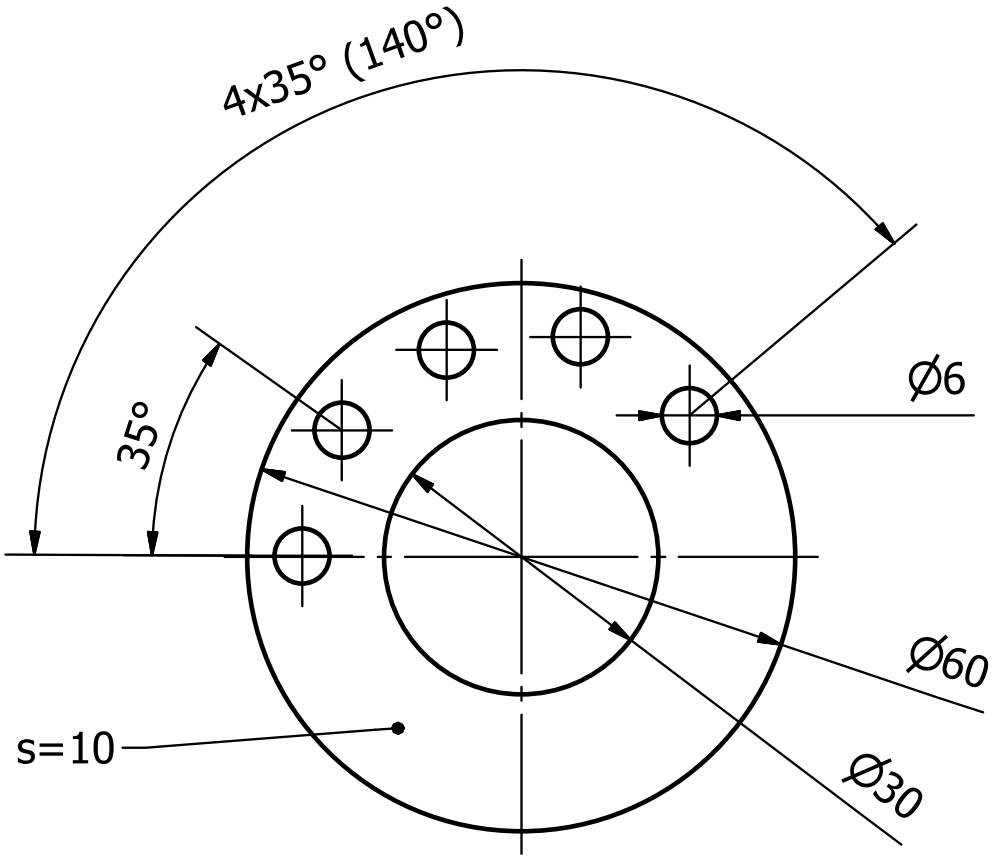


Jakovälimitoitus

Jos kappaleessa on esimerkiksi reikiä, jotka ovat säännöllisin välein toisistaan tai toistuvat ryhmittäin, mitoituksessa voidaan käyttää jakovälimitoitusta. Kuvassa 10.25 toistuu 10 mm:n reikä 6 kertaa säännöllisesti 84 mm:n matkalla. Mitoitus voidaan toteuttaa kuvan tavalla. Kuvassa 10.26 taas 6 mm:n reikä toistuu 35° välein jakoympyrällä. Välejä on 4. Mitoitus voidaan toteuttaa kuvan tavalla.

Kuva 10.25 Esimerkki suoralla olevasta jakovälimitoituksesta.

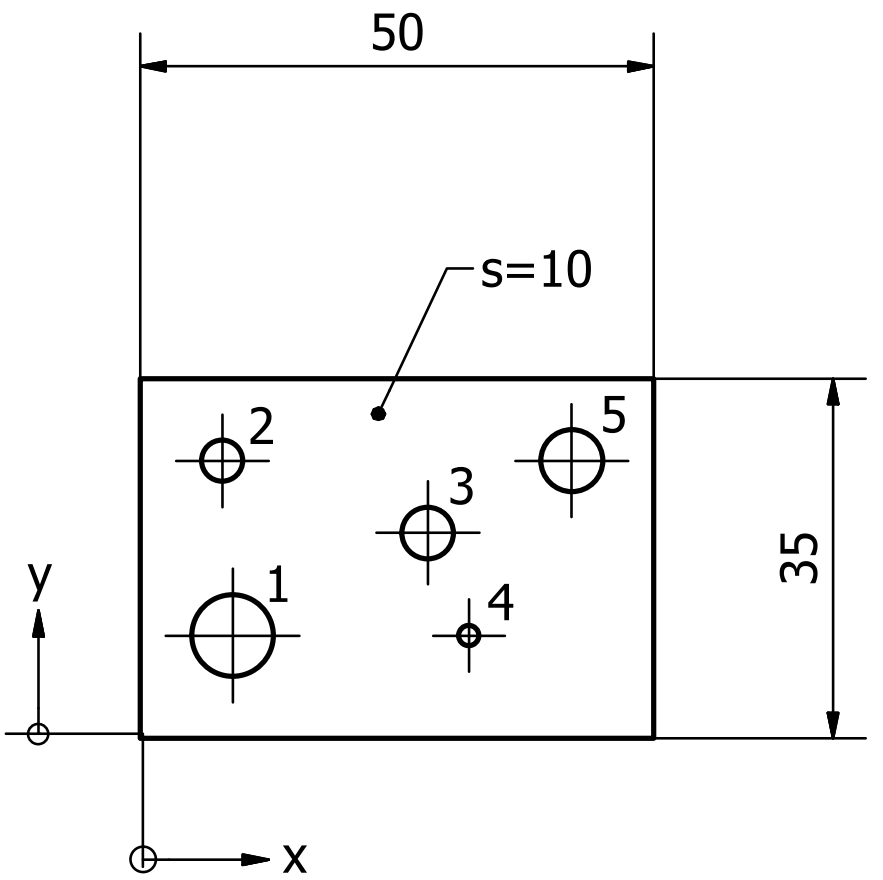




Kuva 10.26 Esimerkki ympyränkaarella olevasta jakovälimitoituksesta.

Koordinaatiomitoitus

Koordinaatiomitoituksessa mitat taulukoidaan kuvan 10.27 tapaan. Kuvantoon merkitään koordinaatiston nollapiste, josta mitat annetaan taulukossa koordinaattien mukaan.

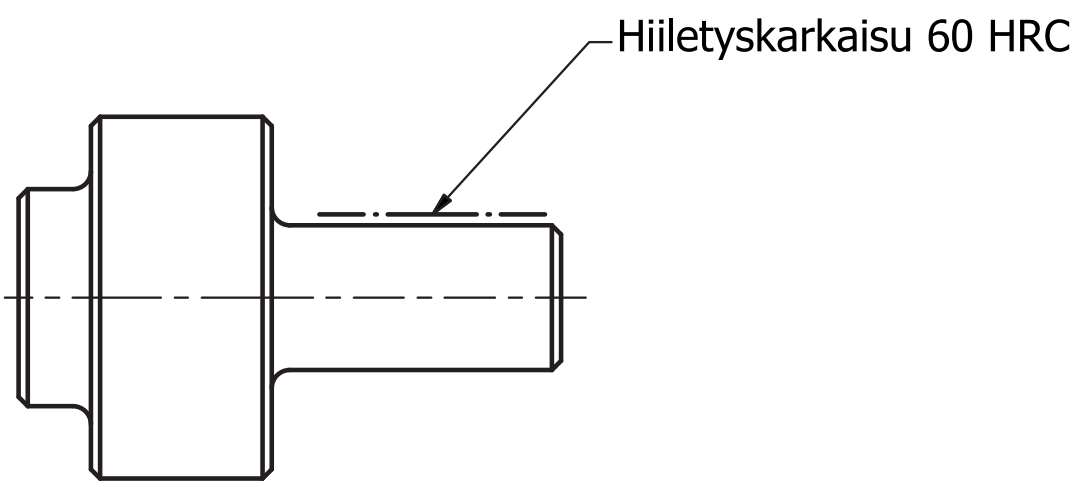


Kuva 10.27 Esimerkki koordinaatiomitoituksesta.

	x	y	Ø
1	9	10	8
2	8	27	4
3	28	20	5
4	32	10	2
5	42	27	6

Lämpökäsittelyn merkintä

Joskus jonkin valmistettavan kappaleen jokin kohta vaatii lämpökäsittelyä. Asia merkitään kuvantoon niin, että halutun kohdan viereen piirretään leveä pistekatkoviiva. Nuolella osoitetaan pistekatkoviivaa ja nuolenjatkeella kerrotaan haluttu lämpökäsittelyn menetelmä ja haluttu kovuus. Jos koko kappale karkaistaan, karkaisuun liittyvä taulukko tehdään otsikkotaulun yläpuolelle.



Kuva 10.28 Esimerkki karkaisun merkitsemisestä kappaleeseen.

Mitoitukseen liittyviä standardeja

- **SFS-ISO 129-1** Tekniset piirustukset. Mittojen ja toleranssien esittäminen. Osa 1: Yleiset periaatteet

kertauskysymyksiä

1. Miksi koneenpiirustukset mitoitetaan?

2. Mitä tarkoitetaan mittaviivalla?

3. Voivatko mitta-apuviivat olla ristikkäin? Perustele vastauksesi!

4. Mikä on mittaviivan vähimmäisetäisyys muotoviivasta?

5. Mitä tarkoittavat seuraavat merkinnät koneenpiirustuksissa?

a) R10

b) AV17

c) k4

d) SR30

e) s=10

6. Mitä tarkoitetaan perusviivamitoituksella?

7. Mitoita luvun 8 tehtävän 12 kuvannot.

8. Kuinka monta kertaa sama mitta voidaan mitoittaa koneenpiirustukseen?

11 Toleranssit

11.1 Toleranssikäsite

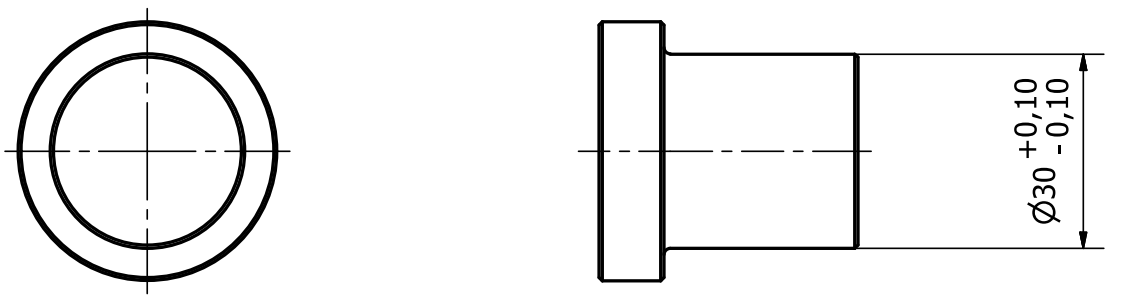
Koneenrakennuksessa tärkein asia on, että eri paikoissa ja eri aikana valmistetut osat sopivat yhteen niin, että laite toimii suunnitelman mukaan. Suunnittelija miettii piirustuksissa olevat mitat toiminnan kannalta oikeiksi. Ei kuitenkaan ole mahdollista valmistaa kappaletta niin, että se olisi juuri siinä mitassa kuin koneenpiirustukseen on merkitty. Tämän takia pitää olla yhteisesti sovitut pelisäännöt siitä, kuinka paljon mitta tai muoto voi poiketa annetusta mitasta. Nämä pelisäännöt määritellään standardissa SFS-ISO 286-1.

Standardit määrittelevät, kuinka paljon mitta voi vaihdella annetusta mitasta. Vaihteluväliä nimitetään **toleranssiksi**. Toleranssi siis ilmoittaa sallitun mittavaihtelun.

Suunnittelijan tehtävä on valita laitteen toiminnan kannalta sopivan toleranssi mitalle. Toleranssia valittaessa on kuitenkin muistettava, että mitä tarkempi toleranssi on, sitä kalliimpaa kappaleen valmistus on. Siksi suunnittelijan on aina tarkkaan harkittava toiminnan kannalta järkevä toleranssi.

11.2 Toleranssin nimitykset

Toleransseihin liittyviä nimityksiä ovat nimellismitta, ylärajamitta, alarajamitta, toleranssialue ja mittatoleranssi. Näiden käsitteiden hallinta on hyvän konepajatyöskentelyn edellytys. Kuvassa 11.1 on piirretty akseliin olake, johon suunnittelija on määritellyt mitalle toleranssin.



Kuva 11.1 Toleroitu olake.

Nimellismitta kuvan akselin kaulalle on 30. Mitta ilmoitetaan aina milleissä.

Ylärajamitta kuvan akselin kaulalle on 30,10. Yläeromitta kuvaa valmistuksessa suurinta sallittua halkaisijaa, johon sorvaaja voi akselin sorvata niin, että se on vielä käyttö kelpoinen. Tätä mittaa suuremmat halkaisijat eivät kelpaa jatkotuotantoon. Yläeromitta saadaan laskemalla nimellismitta ja suurempi toleranssiarvo yhteen eli tässä tapauksessa 30 + 0,1 = 30,10.

Alarajamitta on kuvan akselin kaulalle 29,90. Alaeromitta kuvaa valmistuksessa pienintä halkaisijaa, johon sorvaaja voi akselin sorvata. Tätä mittaa pienempi halkaisija ei kelpaa jatkotuotantoon. Alaeromitta saadaan laskemalla nimellismitta ja pienempi toleranssiarvo yhteen eli tässä tapauksessa 30 + -0,1 = 29,90.

Toleranssialue on yläeromitan ja alaeromitan erotus. Se siis kuvaan, kuinka suuri vaihteluväli valmistussarjan eri kappaleille sallitaan. Yllä olevassa kuvassa se on siis 30,10 - 29,90 = 0,20. Sorvaajalle sallitaan siis 0,20:n vaihteluväli tuotteille. **Tavoitteena on kuitenkin aina valmistaa tuote toleranssialueen puoleenväliin eli kuvan tapauksessa mittaan 30.**

11.3 Yleistoleranssi

Yleistoleranssi määrittelee toleranssin sellaisille kuvassa oleville mitoille, joita ei ole erikseen merkitty. Koneistuksen yleistoleranssit määritellään standardissa SFS-EN 22768-1 ja levy- ja teräsrakennetöissä standardissa SFS-EN ISO 13920. Jokaisella mitalla on siis olemassa toleranssi, vaikkei sitä olisikaan merkitty kuvaan. Suunnittelija valitsee laitteen toiminnan kannalta sopivan toleranssiluokan yleistoleranssista. Toleranssiluokkia ovat hieno, keskikarkea, karkea ja erittäin karkea.

Yleistoleranssit sijaitsevat aina symmetrisesti nimellismittaan nähden. Yleistoleranssi ja sen toleranssiluokka merkitään aina koneenpiirustuksen otsikkotauluun tai sen läheisyyteen. Esimerkiksi merkintä SFS-EN 22768-1 c tarkoittaa, että luetaan yleistoleranssitaulukkoa kohdasta c eli karkea.

Kuva 11.2 Ote standardista SFS-EN 22768-1 yleistoleranssit.

Toleranssiluokka		Sallitut poikkeamat nimellismitta-alueella							
Tunnus	**Kuvaus**	**>0,5**	**>3**	**>6**	**>30**	**>120**	**>400**	**>1000**	**>2000**
		≤3	**≤6**	**≤30**	**≤120**	**≤400**	**≤1000**	**≤2000**	**≤4000**
f	hieno	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m	keskikarkea	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	karkea	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	erittäin karkea		± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

Kuva 11.3 Ote standardista SFS-EN ISO 13920 yleistoleranssi.

Nimellismitta-alueet/mm										
Toleranssi-luokka	**Sallitut poikkeamat nimellismitta-alueella**									
Tunnus	**2**	**>30**	**>120**	**>400**	**>1000**	**>2000**	**>4000**	**>8000**	**>12000**	**>16000**	**>20000**
	30	**≤120**	**≤400**	**≤1000**	**≤2000**	**≤4000**	**≤8000**	**≤12000**	**≤16000**	**≤20000**	
A	±1	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9
B	±1	±2	±2	±3	±4	±6	±8	±10	±12	±14	±16
C	±1	±3	±4	±6	±8	±11	±14	±18	±21	±24	±27
D	±1	±4	±7	±9	±12	±16	±21	±27	±32	±36	±40

11.4 Vapaat toleranssit

Joskus tulee vastaan tilanteita, joissa suunnittelija joutuu määrittelemään toleranssin itse. Jos toleranssi ei noudata standardia, puhutaan vapaasta toleranssista. Suunnittelija merkitsee toleranssin yläeromitan ja alaeromitan. Mitat eivät välttämättä ole symmetrisesti nimellismitan molemmilla puolilla.

kertauskysymyksiä

1. Mitä tarkoitetaan toleranssialueella?

2. Mikä on perusmitta?

3. Laske ylä- ja alarajamitat seuraavista toleranssialueista:

35 $^{+0,2}_{-0,1}$	ylärajamitta:	alarajamitta:
56 $^{+0,05}_{-0,07}$	ylärajamitta:	alarajamitta:
115 $^{+0,15}_{-0,15}$	ylärajamitta:	alarajamitta:
150 $^{+0,2}_{-0,4}$	ylärajamitta:	alarajamitta:
201 $^{+0}_{-0,7}$	ylärajamitta:	alarajamitta:
23 $^{+0,03}_{+0,01}$	ylärajamitta:	alarajamitta:
47 $^{+0,10}_{-0,15}$	ylärajamitta:	alarajamitta:
76 $^{+0,5}_{+0,1}$	ylärajamitta:	alarajamitta:

4. Etsi mittojen raja- ja eromitat standardista SFS-EN 22768–1 m

Perusmitta	Yläraja	Alaraja	Yläeromitta	Alaeromitta
15				
45				
150				
250				
540				
862				

Toleransseihin liittyviä standardeja

- **SFS-EN 22768-1** Yleistoleranssit.
  Osa 1: Ilman toleranssimerkintää olevien pituus- ja kulmamittojen toleranssit
- **SFS-EN 22768-2** Yleistoleranssit.
  Osa 2: Ilman toleranssimerkintää olevien elementtien geometriset toleranssit
- **SFS-EN ISO 13920** Hitsaus. Hitsattuja rakenteita koskevat yleistoleranssit. Pituus- ja kulmamitat. Muoto ja sijainti
- **SFS-ISO 8015** Tekniset piirustukset. Toleroinnin perusteet

12

ISO-toleranssit ja sovitteet

12.1 ISO-toleranssijärjestelmä

Suomessa ja koko Euroopassa on käytössä kansainvälinen ISO-toleranssijärjestelmä. Siihen kuuluvat toleranssi-, sovite- ja mittavälinejärjestelmä.

Standardin mukaisessa ISO-toleranssijärjestelmässä on käytössä 20 eri toleranssiastetta. Ne merkitään pienimmästä suurempaan päin seuraavilla tunnuksilla: IT01, IT0, IT1, IT2, IT3,...IT17, IT18. IT on perustolerassin tunnus, ja sen jäljessä oleva lukuarvo (esim. 7) ilmaisee toleranssiasteen.

Toleranssin suuruus riippuu perusmitasta. Perusmitat on ryhmitelty nimellismittaryhmiksi, jolloin sama toleranssin lukuarvo koskee kaikkia perusmittoja kyseisen mittaryhmän sisällä. Toleranssin lukuarvo kasvaa nimellismittaryhmän kasvaessa.

ISO-toleranssijärjestelmässä käsitellään pääasiassa kappaleiden halkaisijamittoja (reikiä ja akseleita) mutta sitä voidaan käyttää myös muihin mittoihin.

Toleranssiasteita IT01 ja IT0 ei yleensä käytetä, joten todellisuudessa on käytössä 18 eri toleranssiastetta: IT1–IT18.

työkappale	*work piece, work part*
tuote	*product*
akseli	*axle, shaft*
reikä	*hole*
toleranssi, sallittu poikkeama	*tolerance*
tarkka	*precise*

Kuva 12.1 Perustoleranssiasteet (IT-asteet) ja niiden lukuarvot perusmittaryhmittäin.

Perusmitta mm		Perustoleranssiasteet																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14[2]	IT15[2]	IT16[2]	IT17[2]	IT18[2]
		Toleranssit																	
>	≤	µm											mm						
-	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,00	1,40
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,20	1,80
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,60	0,58	0,90	1,50	2,20
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,80	2,70
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,10	3,30
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60	2,50	3,90
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,00	4,60
80	120	2,5	4	6	10	5	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,50	5,40
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,60	7,20
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	3,20	5,20	8,10
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,30	3,60	5,70	8,90
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,50	4,00	6,30	9,70
[2] Perustoleranssiasteita IT14....IT18 ei käytetä perusmitoilla ≤ 1mm																			

Tutustu standardeihin, joissa esitellään ISO-toleranssitaulukoita.

Toleranssialueiden asemat

mitta	*measurement*
läpimitta	*diameter*
pituus	*length*
leveys	*width, breadth*
korkeus	*height*
syvyys	*depth*
kulma	*angle*

Toleranssin paikka perusmittaan eli nimellismittaan nähden määräytyy peruseromittaa kuvaavan kirjaimen perusteella. Näin määräytyvää toleranssin paikkaa kutsutaan toleranssiasemaksi.

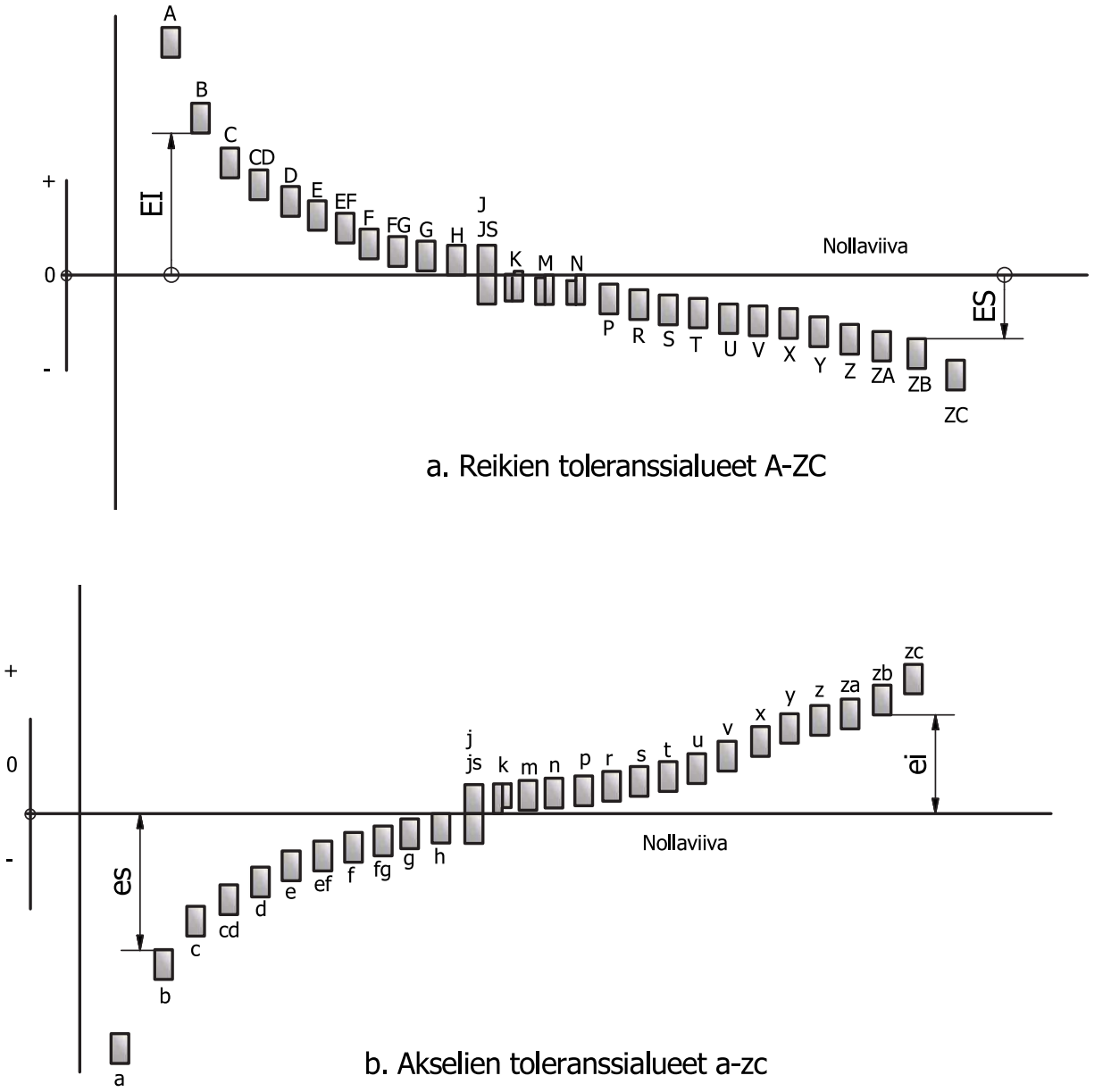
Reikien toleranssiasemat merkitään isoilla kirjaimilla: A, B, C, CD, D, E, F, FG, G, H, J, JS, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC.

Akselien toleranssiasemat merkitään vastaavasti pienillä kirjaimilla: a, b, c, cd, d, e, f, fg, ... z, za, zb, zc.

Reikien toleranssiaseman ollessa A-H peruseromitta on samalla alaeromitta. Näiden toleranssiasemien toleranssialueet ovat kokonaan positiivisella puolella nollaviivaan nähden. Toleranssiaseman H toleranssialue alkaa nollaviivasta. Reikien toleranssiasemien M-ZC toleranssiasemat ovat kokonaan negatiivisella puolella nollaviivaan nähden. Näiden toleranssiasemien toleranssialueet ovat kokonaan negatiivisella puolella nollaviivaan nähden. Toleranssiaseman M toleranssialue voi alkaa myös nollaviivasta.

Reikien toleranssiaseman ollessa A-H peruseromitta on samalla alaeromitta. Näiden toleranssiasemien toleranssialueet ovat kokonaan positiivisella puolella nollaviivaan nähden. Toleranssiaseman H toleranssialue alkaa nollaviivasta. Reikien toleranssiasemien M-ZC toleranssiasemat ovat kokonaan negatiivisella puolella nollaviivaan nähden. Näiden toleranssiasemien toleranssialueet ovat kokonaan negatiivisella puolella nollaviivaan nähden. Toleranssiaseman M toleranssialue voi alkaa myös nollaviivasta.

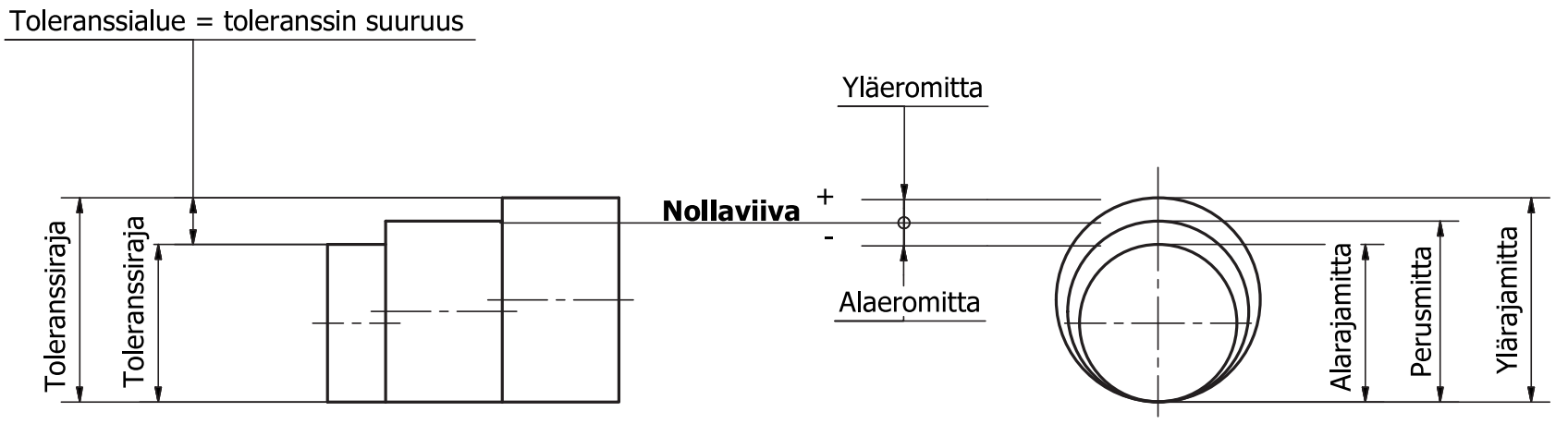
Akselien toleranssiasemien osalta tilanne on päinvastainen. Akselien toleranssiasemien a-h toleranssialueet ovat kokonaan negatiivisella puolella nollaviivaan nähden. Toleranssiaseman h toleranssialue alkaa nollaviivasta. Akselien toleranssiasemien k-zc toleranssialueet ovat kokonaan positiivisella puolella nollaviivaan nähden. Toleranssiaseman k toleranssialue voi alkaa myös nollaviivasta.



Kuva 12.2 Reikien ja akselien toleranssi-asemat kaaviona nollaviivaan verrattuna: a) reikien toleranssiasemat A–ZC, b) akselien toleranssiasemat a–zc.

Toleranssien peruskäsitteitä

Kuva 12.3 Toleranssien peruskäsitteitä.



Toleranssien peruskäsitteitä

MITTA
valittua mittayksikköä käyttämällä ilmaistu tietyn pituuden tai muun suureen lukuarvo.

TOSIMITTA
mittaamalla todettu mitta mittaepätarkkuuksineen.

TAVOITEMITTA
suunniteltu mitta, joka kappaleella tai sen osalla tulisi olla, jotta se täyttäisi asetetut valmistusvaatimukset.

PERUSMITTA
mitta, jota käytetään perustana, kun ilmoitetaan rajamittoja.

NIMELLISMITTA
mitta, jolla jokin halkaisija tai pituus nimetään.
Sama mitta voi olla sekä nimellismitta että perusmitta.

RAJAMITAT
mitan sallitut ääriarvot, joiden välillä tosimitan tulee olla ääriarvot mukaan luettuina.

YLÄRAJAMITTA
suurin sallittu mitta.

ALARAJAMITTA
pienin sallittu mitta.

PERUSEROMITTA
eromitta, joka on valittu määräämään toleranssiasemaa. Peruseromitta on se eromitta, joka on lähempänä nollaviivaa, eli se määrää toleranssialueen paikan.

YLÄEROMITTA
ylärajamitan ja vastaavan perusmitan algebrallinen erotus.

ALAEROMITTA
alarajamitan ja vastaavan perusmitan algebrallinen erotus.

NOLLAVIIVA
toleranssipiirroksissa perusmittaa esittävä viiva.

TOLERANSSIN SUURUUS
ylärajamitan ja alarajamitan erotus, eli sallitun mittavaihtelun suuruus.

TOLERANSSIALUE
toleranssipiirroksissa sijainniltaan määrätty toleranssin suuruus.

TOLERANSSIASEMA
ilmaisee toleranssialueen sijainnin perusmittaan (nollaviivaan) nähden. Reikien toleranssiasemat merkitään isoilla kirjaimilla ja akselien pienillä kirjaimilla.

TOLERANSSIASTE
ilmaisee toleranssin suuruuden. Toleranssiasteet merkitään numeroilla.

TOLERANSSIPIIRROS
graafinen esitys toleranssialueesta, tai sovitteissa eri toleranssialueiden keskinäisestä asemasta.

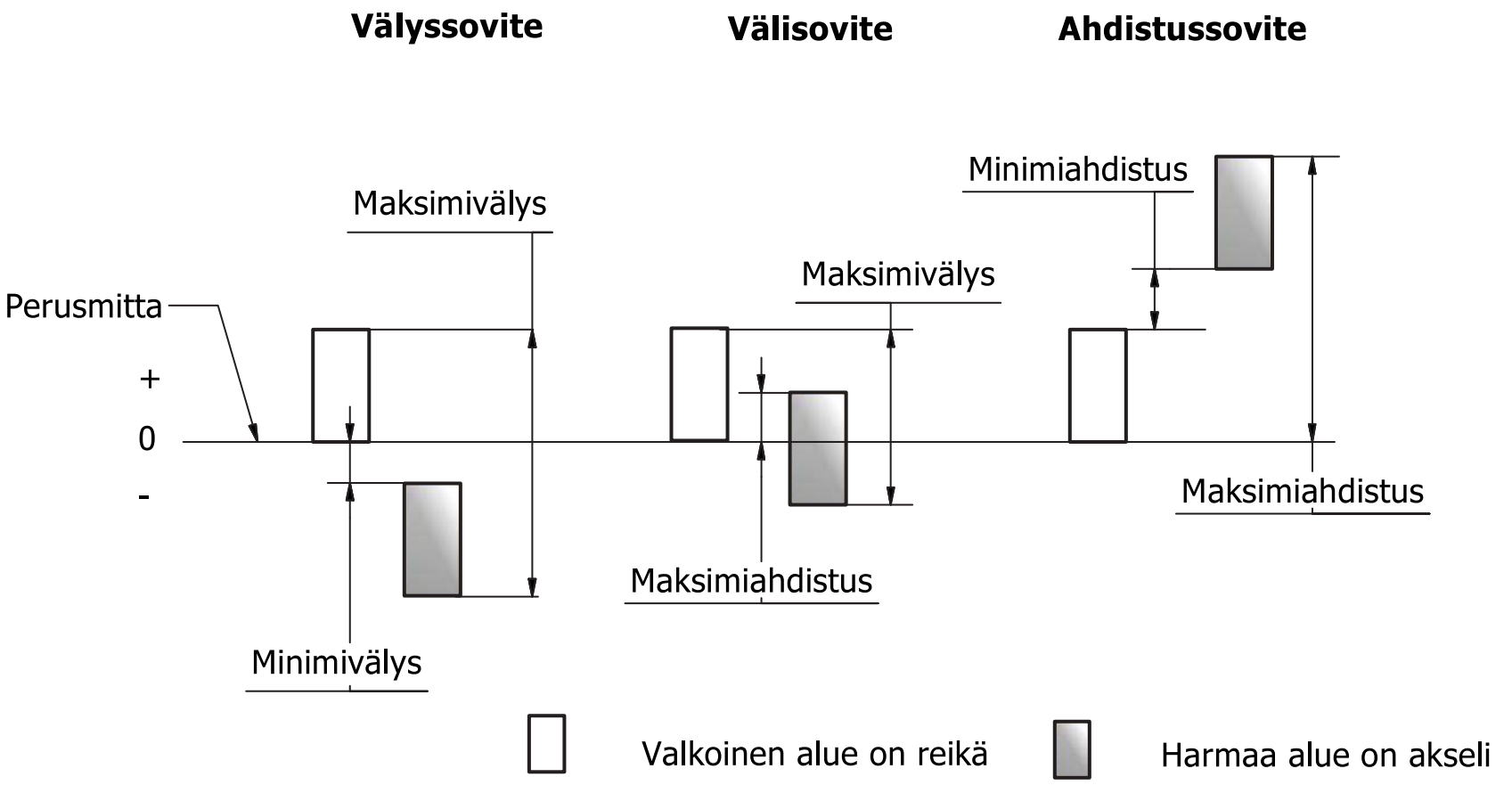
12.2 ISO-sovitejärjestelmä

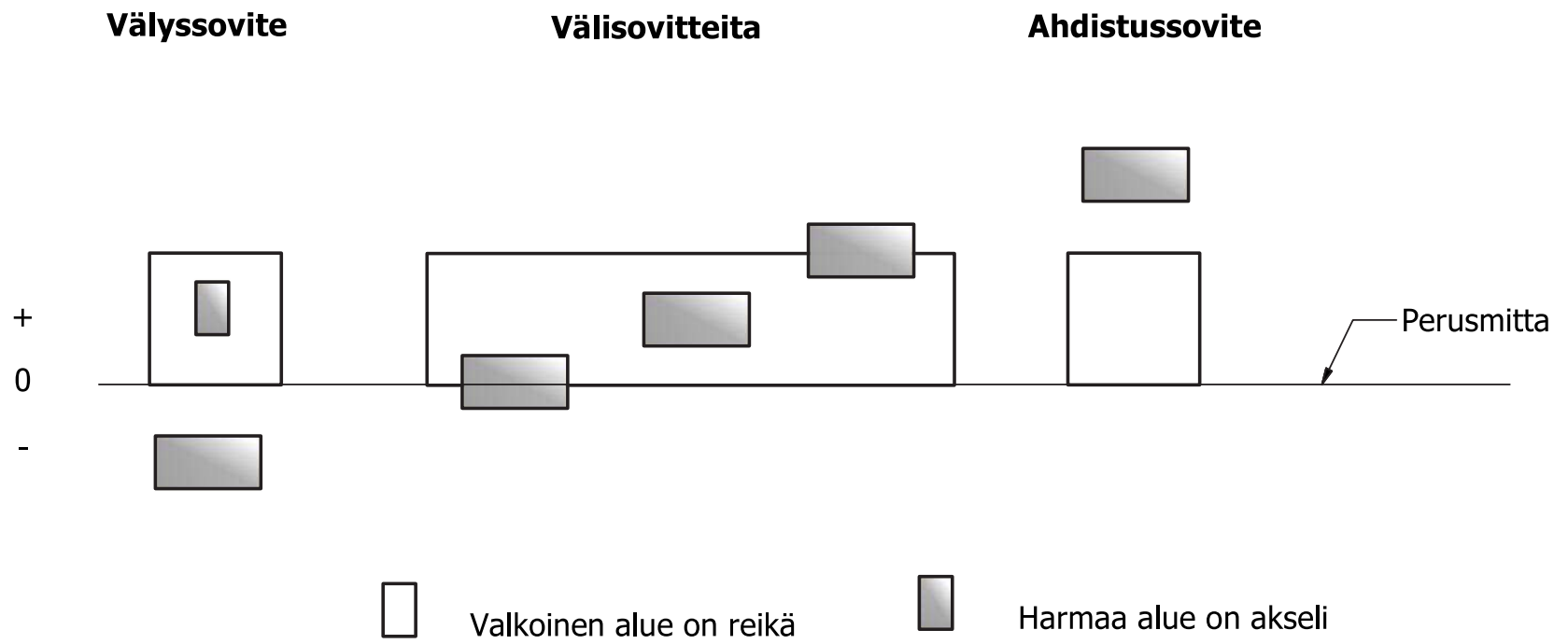
Kahden osan liittämisessä toisiinsa käytetään sovitteita. Kun sorvataan esimerkiksi akselin kaula vierintälaakeria varten, on määrättävä, miten ne liittyvät toisiinsa. Samoin kiilaura on valmistettava kiilaa varten oikean mittaiseksi, jotta kiila kiinnittyy paikoilleen halutulla tavalla. Tarvitaan siis erilaisia sovitteita.

ISO-sovitejärjestelmässä on valmiiksi määritelty ja standardisoitu sopivia vaihtoehtoja erilaisiksi sovitteiksi. Sovitteen muodostamiseksi on käytettävissä kaksi eri periaatteellista vaihtoehtoa. Voidaan käyttää joko **reikäkantajärjestelmää tai akselikantajärjestelmää.**

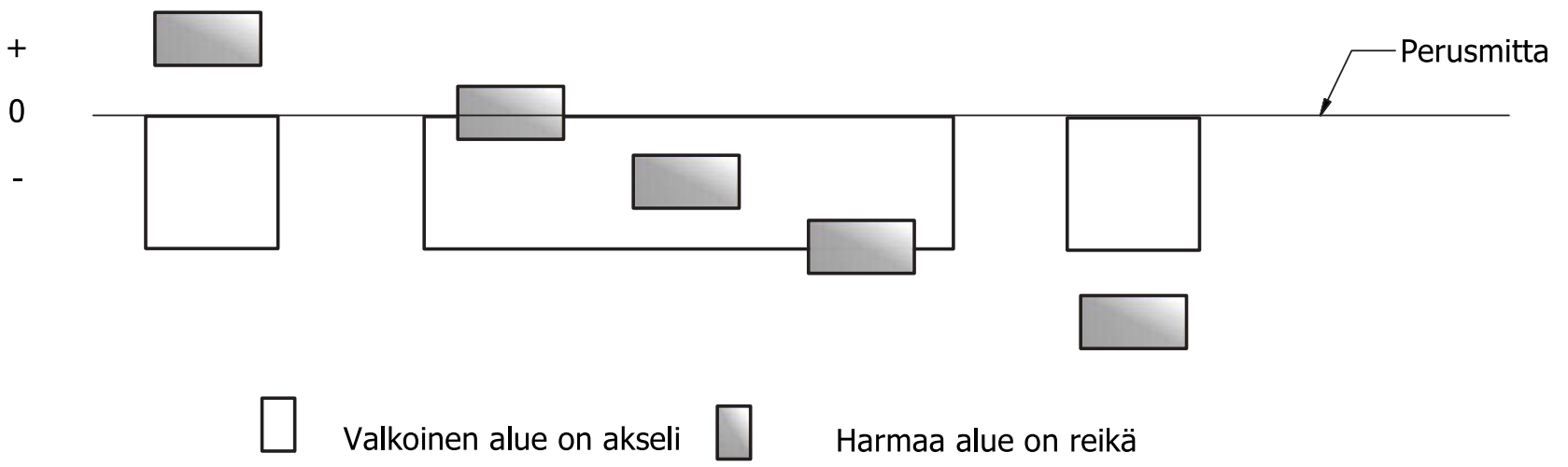
Siihen, kumpaa sovitejärjestelmää kannattaa kulloinkin käyttää, vaikuttavat esimerkiksi tekniset ja taloudelliset näkökohdat. On tarkoituksenmukaista pyrkiä pieniin kokonaiskustannuksiin. Kanta-akselijärjestelmää voidaan hyödyntää käyttämällä esimerkiksi h-toleranssiasemaan valmistettuja akseleita, kun akseleille asennetaan holkeilla varustettuja vierintälaakereita. Tällaiset akselit on valmistettu tarkasti toleranssiasemaan h9 tai h7 joko vetämällä tai hiomalla.

Kuva 12.4 Reikäkantajärjestelmän erilaisten sovitteiden toleranssipiirroksia. Kantareiän toleranssiasema on H.





Kuva 12.5 Reikäkantajärjestelmän erilaisia sovitteita. Kantareiän toleranssiasema on H.



Kuva 12.6 Akselikantajärjestelmän erilaisia sovitteita. Kanta-akselin toleranssiasema on h.

Peruskäsitteitä

SOVITEJÄRJESTELMÄ
toleranssijärjestelmään kuuluvien reikien ja akseleiden välisten sovitteiden järjestelmä.

REIKÄKANTAJÄRJESTELMÄ
kantareikään perustuva sovitejärjestelmä. Kantareikä on aina toleranssiasemassa **H**, ja eri sovitteet saadaan aikaan yhdistelemällä keskenään kantareikää ja eri toleranssiasemissa olevia akseleita.

AKSELIKANTAJÄRJESTELMÄ
kanta-akseliin perustuva sovitejärjestelmä. Kanta-akseli on aina toleranssiasemassa **h**, ja eri sovitteet saadaan aikaan yhdistelemällä keskenään kanta-akselia ja eri toleranssiasemissa olevia reikiä.

KANTAREIKÄ
ISO-sovitejärjestelmässä reikä, jonka toleranssiasema on H. Tällöin alaeromitta on 0.

KANTA-AKSELI
ISO-sovitejärjestelmässä akseli, jonka toleranssiasema on h. Tällöin yläeromitta on 0.

VÄLYS
reiän ja akselin mittojen positiivinen erotus, eli reiän halkaisija on suurempi kuin akselin halkaisija.

AHDISTUS
reiän ja akselin mittojen negatiivinen erotus, eli reiän halkaisija on pienempi kuin akselin halkaisija.

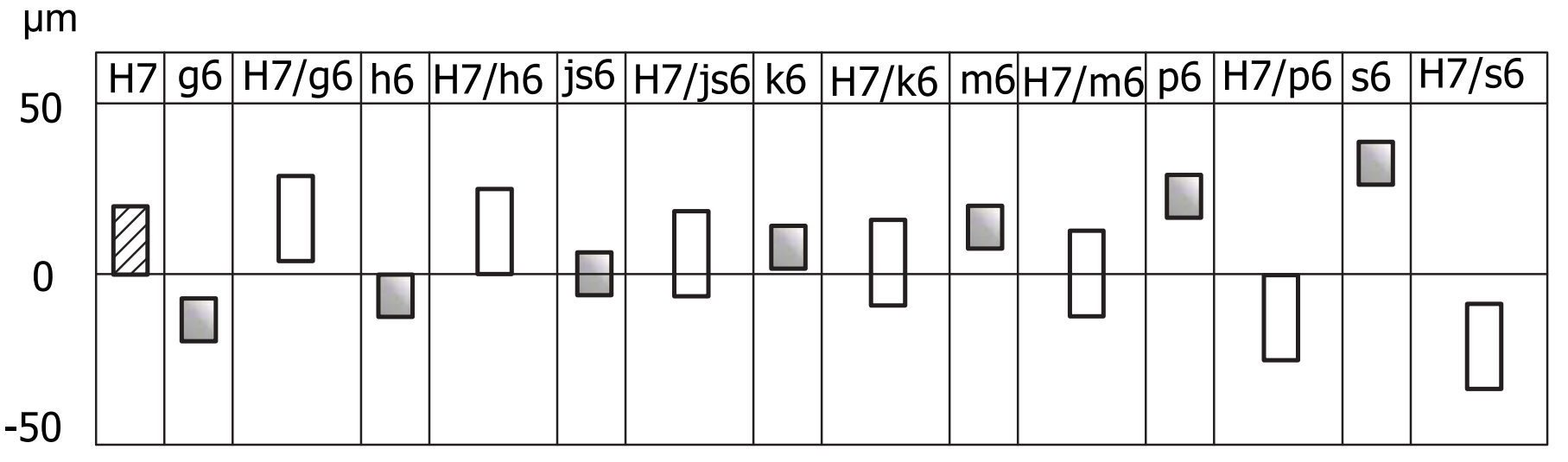
VÄLYSSOVITE
sovite, jossa on aina välys. Reiän toleranssialue on kokonaan akselin ylärajamitan ulkopuolella.

AHDISTUSSOVITE
sovite, jossa on aina ahdistus. Reiän toleranssialue on kokonaan akselin alarajamitan sisäpuolella.

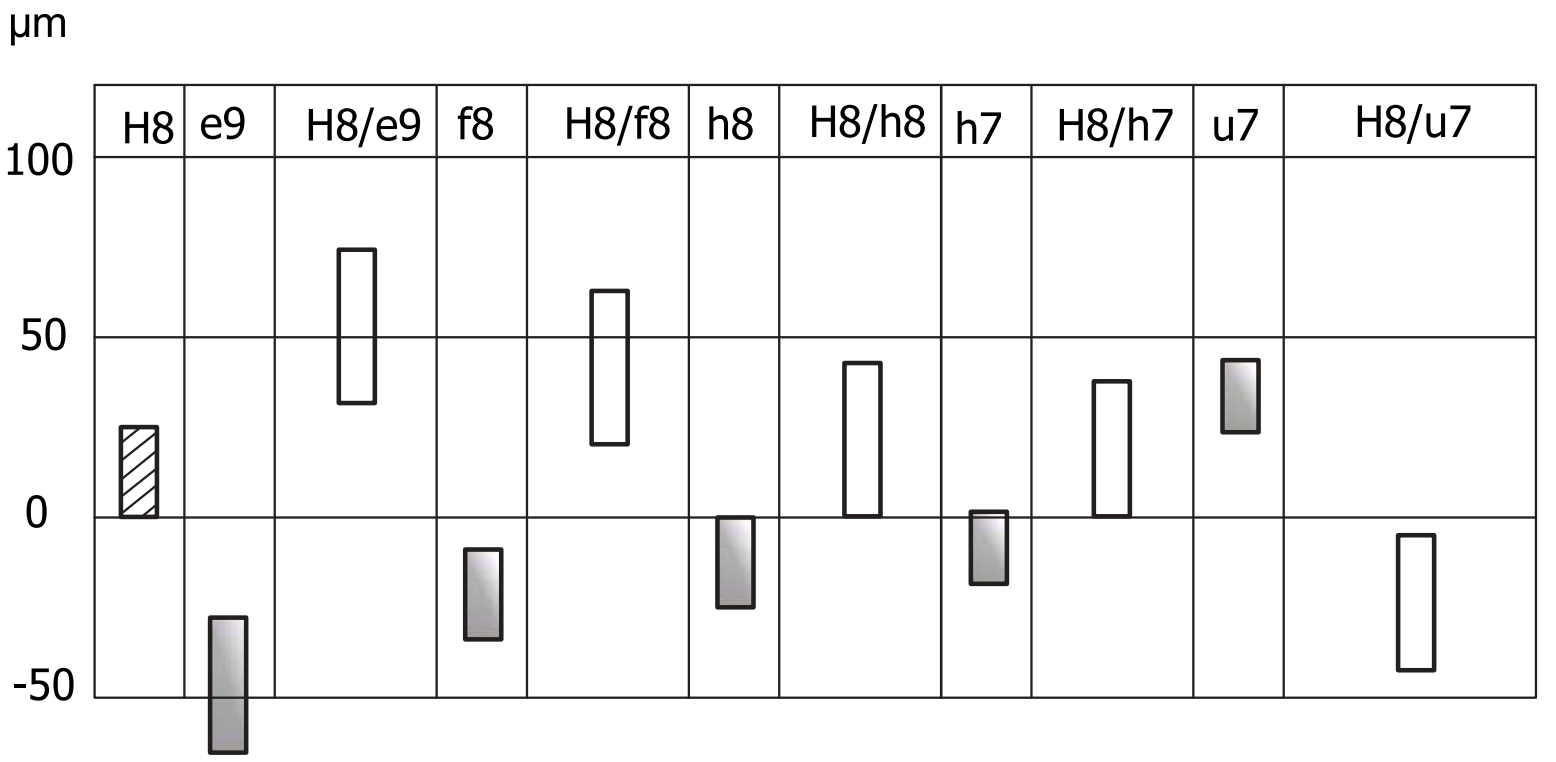
VÄLISOVITE
sovite, jossa voi olla joko välystä tai ahdistusta. Reiän toleranssialue ja akselin toleranssialue ovat limittäin.

SOVITEPIIRROS
piirrosesitys sovitteen välyksestä tai ahdistuksesta.

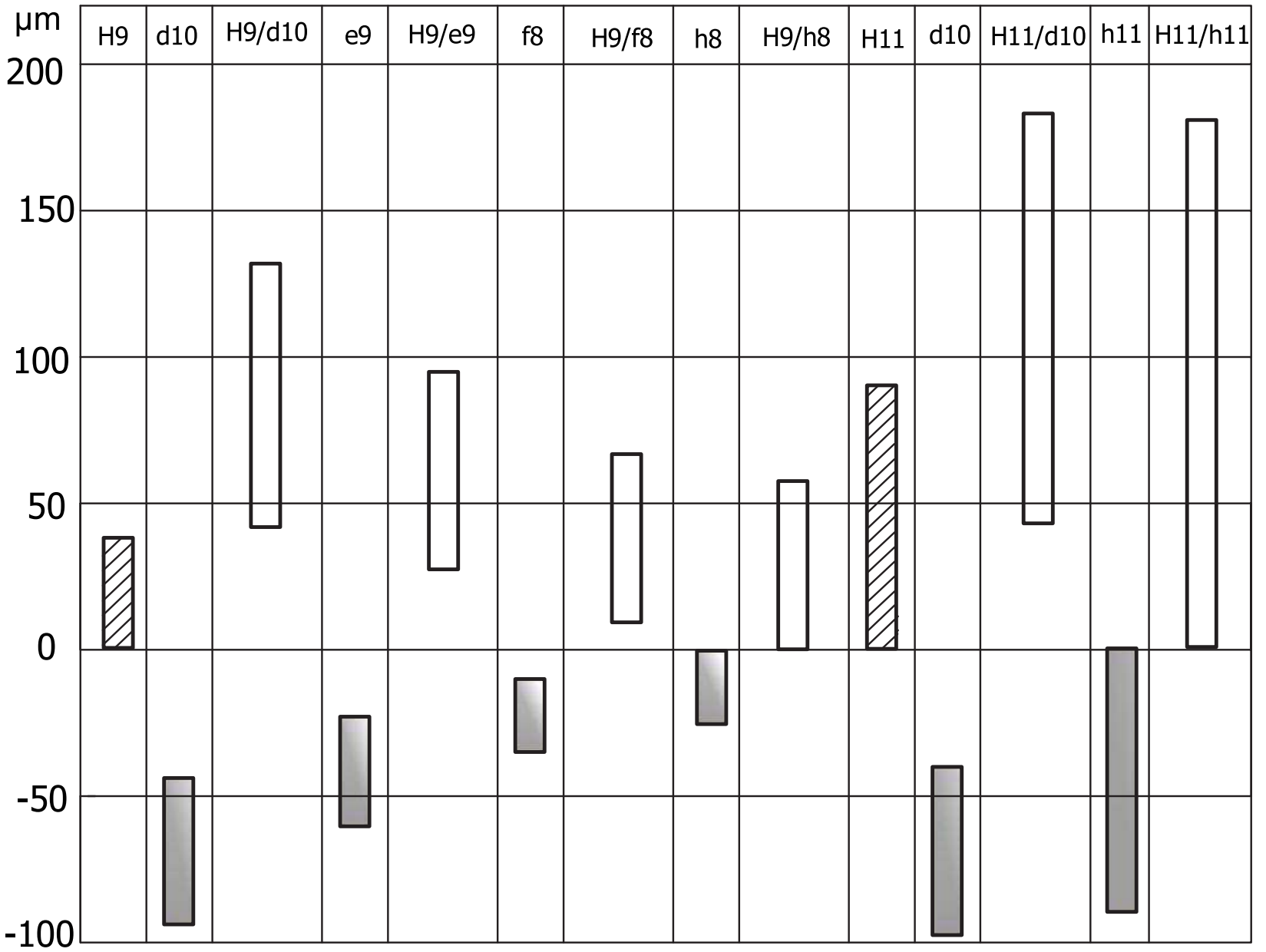
Sivujen 95–97 taulukoissa esitetään valikoima reikäkantajärjestelmän sovitteita (ote aiemmasta standardista SFS 2231). Jokaisen sovitteen kohdalla ilmoitetaan rajamittojen lisäksi suurin (max) ja pienin (min) välys tai ahdistus. Piirroksessa esitetään reikä- ja akselitoleranssialueet ja lisäksi kunkin sovitteen sovitevaihtelu. Taulukoiden piirrokset kuvataan nimellismittaryhmän > 6 ≤ 10 mm mukaan. Standardeista tehdyt lainaukset on julkaistu Suomen Standardisoimisliitto SFS:n luvalla.



Nimellismittaryhmä mm		Kantareikä	Välyssovite						Välisovite									Ahdistussovite					
				H7/g6			H7/h6			H7/js6			H7/k6			H7/m6			H7/p6			H7/s6	
>	≤	H7	g6	max	min	h6	max	min	js6	max	min	k6	max	min	m6	max	min	p6	max	min	s6	max	min
-	3	+10 0	-2 -8	+18	+2	0 -6	+16	0	+3 -3	+13	-3	+6 0	+10	-6	+8 +2	+8	-8	-	-	-	-	-	-
3	6	12 0	-4 -12	+24	+4	0 -8	+20	0	+4 -4	+16	-4	+9 +1	+11	-6	+12 +4	+8	-12	+20 +12	0	-20	+27 +19	-7	-27
6	10	+15 0	-5 -14	+24	0	0 -9	+24	0	+4,5 -4,5	+19,5	-4,5	+10 +1	+14	-10	+15 +6	+9	-15	+24 +15	0	-24	+32 +23	-8	-32
10	18	+18 0	-6 -17	+35	+6	0 -11	+29	0	+5,5 -5,5	+23,5	-5,5	+12 +1	+17	-12	+18 +7	+11	-18	+29 +18	0	-29	+39 +28	-10	-39
18	24	+21 0	-7 -20	+41	+7	0 -13	+34	0	+6,5 -6,5	+27,5	-6,5	+15 +2	+19	-15	+21 +8	+13	-21	+35 +22	-1	-35	+48 +35	-14	-48
24	30																						
30	40	+25 0	-9 -25	+50	+9	0 -16	+41	0	+8 -8	+33	-8	+18 +2	+23	-18	+25 +9	+16	-25	+42 +26	-1	-42	+59 +43	-18	-59
40	50																						
50	65	+30 0	-10 -29	+59	+10	0 -19	+49	0	+9,5 -9,5	+39,5	-9,5	+21 +2	+28	-21	+30 +11	+19	-30	+51 +32	-2	-51	+72 +53	-23	-72
65	80																				+78 +59	-29	-78
80	100	+35 0	-12 -34	+69	+12	0 -22	+57	0	+11 -11	+46	-11	+25 +3	+32	-25	+35 +13	+22	-35	+59 +37	-2	-59	+93 +71	-36	-93
100	120																				+101 +79	-44	-101

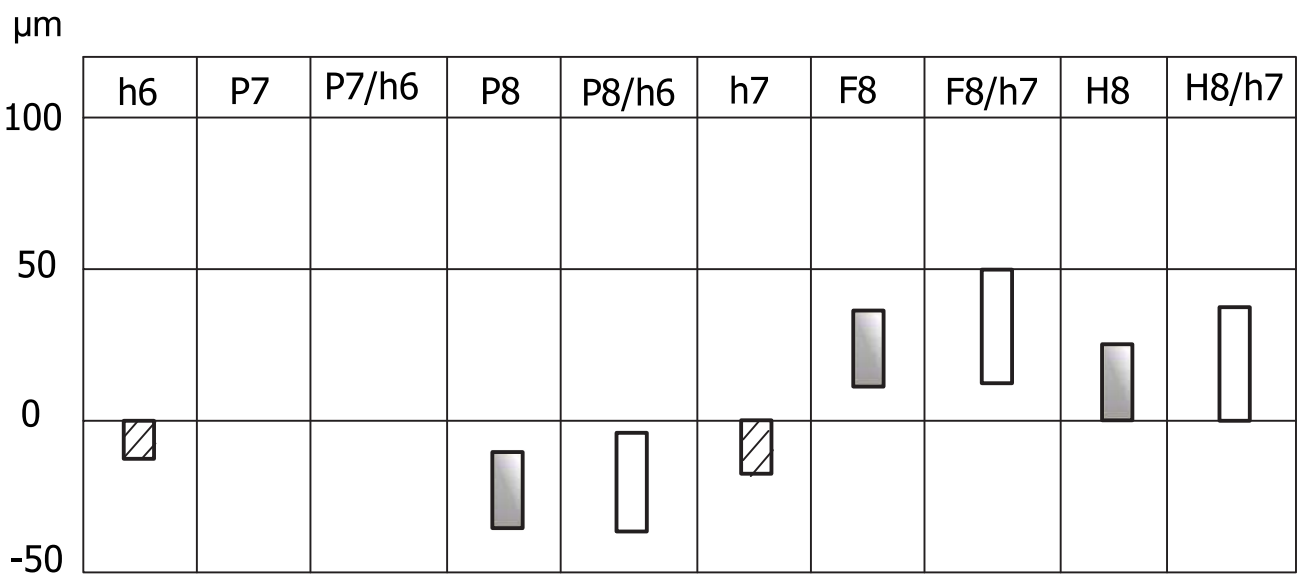


Nimellis-mittaryhmä mm		Kanta-reikä	Välyssovite												Ahdistussovite		
				H8/e9			H8/f8			H8/h8			H8/h7			H8/u7	
>	≤	H8	e9	max	min	f8	max	min	h8	max	min	h7	max	min	u7	max	min
-	3	+14 0	-14 -39	+53	+15	-6 -20	+34	+6	0 -14	+28	0	0 -10	+24	0	- -	-	-
3	6	+18 0	-20 -50	+68	+20	-10 -28	+46	+10	0 -18	+36	0	0 -12	+30	0	+35 +23	-5	-35
6	10	+22 0	-25 -61	+83	+25	-13 -35	+57	+13	0 -22	+44	0	0 -15	+37	0	+43 +28	-6	-43
10	18	+27 0	-32 -75	+102	+32	-16 -43	+70	+16	0 -27	+54	0	0 -18	+45	0	+51 +33	-6	-51
18	24	+33	-40	+125	+40	-20	+86	+20	0	+66	0	0	+54	0	+62 +41	-8	-62
24	30	0	-92			-53			-33			-21			+69 +48	-15	-69
30	40	+39	-50	+151	+50	-25	+103	+25	0	+78	0	0	+64	0	+85 +60	-21	-85
40	50	0	-112			-64			-39			-25			+95 +70	-32	-95
50	65	+46	-60	+180	+60	-30	+122	+30	0	+92	0	0	+76	0	+117 +87	-41	-117
65	80	0	-134			-76			-46			-30			+132 +102	-56	-132
80	100	+54	-72	+213	+72	-36	+144	+36	0	+108	0	0	+89	0	+159 +124	-70	-159
100	120	0	-159			-90			-54			-35			+179 +144	-90	-179

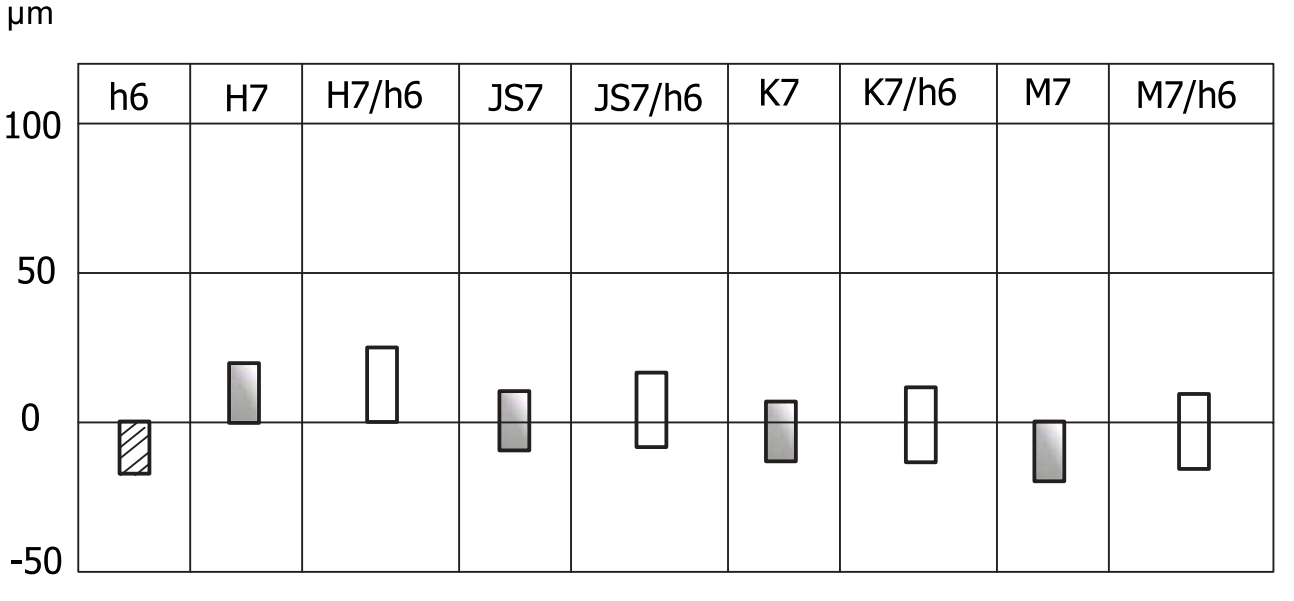


Nimellis-mittaryhmä mm		Kanta-reikä	Välyssovite												Kanta-reikä	Välyssovite					
				H9/d10			H9/e9			H9/f8			H9/h8				H11/d10			H11/h11	
>	≤	H9	d10	max	min	e9	max	min	f8	max	min	h8	max	min	H11	d10	max	min	h11	max	min
		+25	-20			-14			-6			0			+60	-20			0		
-	3	0	-60	+85	+20	-39	+64	+14	-20	+45	+6	-14	+39	0	0	-60	+120	+20	-60		
		+30	-30			-20			-10			0			+75	-30			0		
3	6	0	-78	+108	30	-50	+80	+20	-28	+58	+10	-18	+48	0	0	-78	+153	+30	-75	+150	0
		+36	-40			-25			-13			0			+90	-40			0		
6	10	0	-98	+134	+40	-61	+97	+25	-35	+71	+13	-22	+58	0	0	-98	+188	+40	-90	+180	0
		+43	-50			-32			-16			0			+110	-50			0		
10	18	0	-120	+163	+50	-75	+118	+32	-43	+86	+16	-27	+70	0	0	-120	+230	+50	-110	+220	0
18	24	+52	-65			-40			-20			0			+130	-65			0		
24	30	0	-149	+201	+65	-92	+144	+40	-53	+105	+20	-33	+85	0	0	-149	+279	+65	-130	+260	0
30	40	+62	-80			-50			-25			0			+160	-80			0		
40	50	0	-180	+242	+80	-112	+174	+50	-64	+126	+25	-39	+101	0	0	-180	+340	+80	-160	+320	0
50	65	+74	-100			-60			-30			0			+190	-100			0		
65	80	0	-220	+294	+100	-134	+208	+60	-76	+150	+30	-46	+120	0	0	-220	+410	+100	-190	+380	0
80	100	+87	-120			-72			-36			0			+220	-120			0		
100	120	0	-260	+347	+120	-159	+246	+72	-90	+177	+36	-54	+141	0	0	-260	+480	+120	-220	+440	0

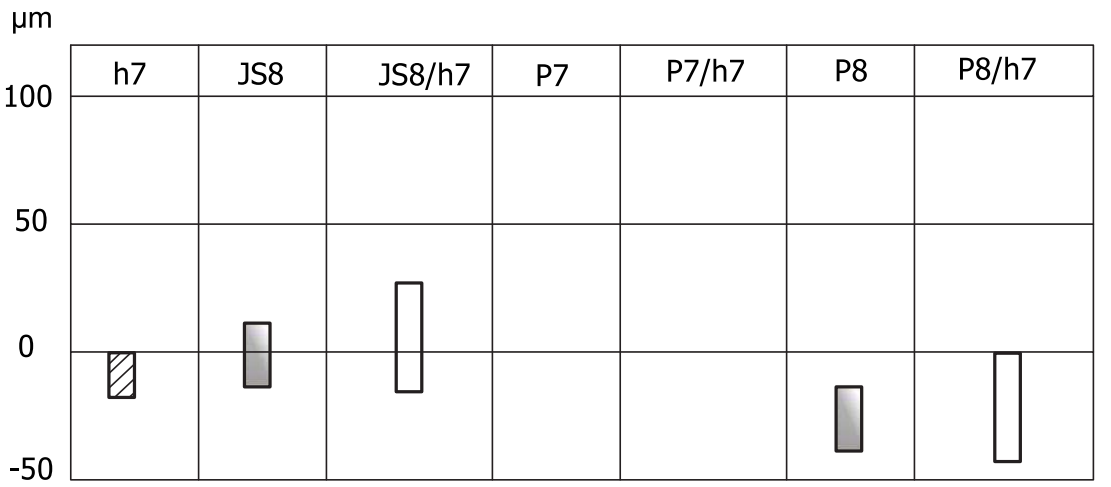
Sivujen 98–103 taulukoissa esitetään valikoima akselikantajärjestelmän sovitteita (ote aiemmasta standardista SFS 2232). Jokaisen sovitteen kohdalla ilmoitetaan rajamittojen lisäksi suurin (max) ja pienin (min) välys tai ahdistus. Piirroksessa esitetään akseli- ja reikätoleranssialueet ja lisäksi kunkin sovitteen sovitevaihtelu. Taulukoiden piirrokset kuvataan nimellismittaryhmän > 6 ≤ 10 mm mukaan, lukuun ottamatta sovitteita P7/h6 ja P7/h7, jotka kuvataan nimellismittaryhmän > 18 ≤ 30 mukaan. Standardeista tehdyt lainaukset on julkaistu Suomen Standardisoimisliitto SFS:n luvalla.



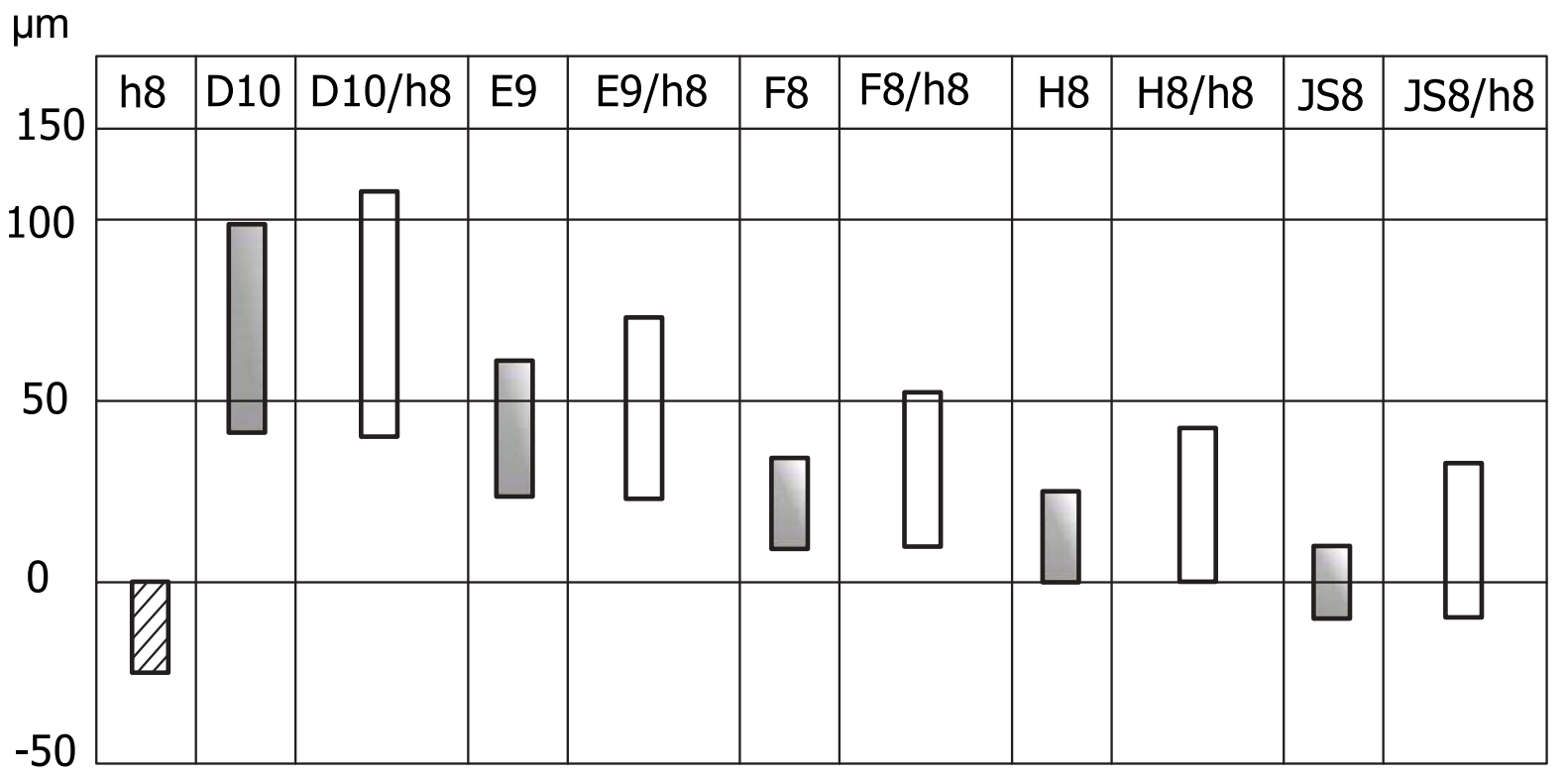
Nimellis-mittaryhmä mm		Kanta-akseli	Ahdistussovite						Kanta-akseli	Välyssovite					
				P7/h6			P8/h6				F8/h7			H8/h7	
>	≤	h6	P7	max	min	P8	max	min	h7	F8	max	min	H8	max	min
		0	-			-			0	+20			+14		
-	3	-6	-	-	-	-	-	-	-10	+6	+30	+6	0	+24	0
		0	-			-12			0	+28			+18		
3	6	-8	-	-	-	-30	-4	-30	-12	+10	+40	+10	0	+30	0
		0	-			-15			0	+35			+22		
6	10	-9	-	-	-	-37	-6	-37	-15	+13	+50	+13	0	+37	0
		0	-			-18			0	+43			+27		
10	18	-11	-	-	-	-45	-7	-45	-18	+16	+61	+16	0	+45	0
		0	-14			-			0	+53			+33		
18	30	-13	-35	-1	-35	-			-21	+20	+74	+20	0	+54	0
		0	-17			-			0	+64			+39		
30	50	-16	-42	-1	-42	-			-25	+25	+89	+25	0	+64	0
		0	-21			-			0	+76			+46		
50	80	-19	-51	-2	-51	-			-30	+30	+106	+30	0	+76	0
		0	-24			-			0	+90			+54		
80	120	-22	-59	-2	-59	-			-35	+36	+125	+36	0	+89	0



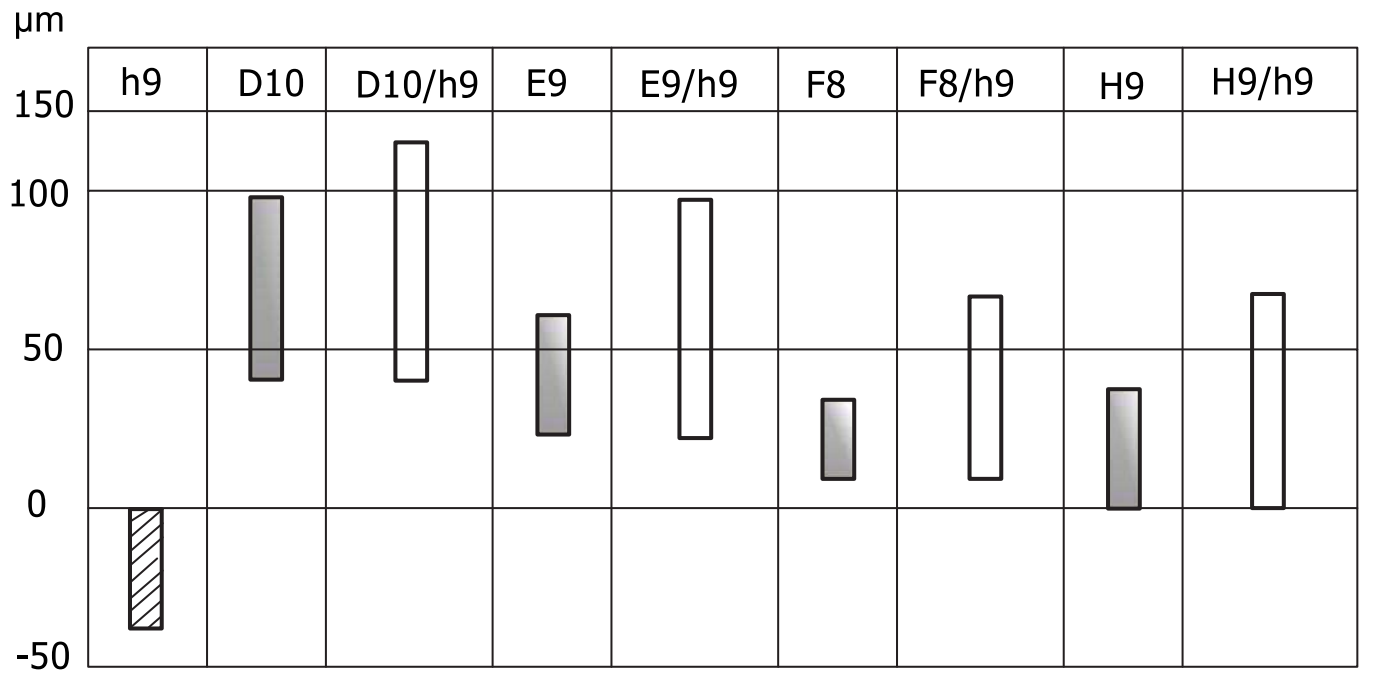
Nimellis-mittaryh-mä mm		Kanta-akseli	Välyssovite						Välisovite					
				H7/h6			JS7/h6			K7/h6			M7/h6	
>	≤	h6	H7	max	min	JS7	max	min	K7	max	min	M7	max	min
-	3	0 -6	+10 0	+16	0	+5 -5	+11	-5	0 -10	+6	-10	-2 -12	+4	-12
3	6	0 -8	+12 0	+20	0	+6 -6	+11	-6	+3 -9	+11	-9	0 -12	+8	-12
6	10	0 -9	+15 0	+24	0	+7 -7	+14	-7	+5 -10	+14	-10	0 -15	+9	-15
10	18	0 -11	+18 0	+29	0	+9 -9	+16	-9	+6 -12	+17	-12	0 -18	+11	-18
18	30	0 -13	+21 0	+34	0	+10 -10	+20	-10	+6 -15	+19	-15	0 -21	+13	-21
30	50	0 -16	+25 0	+41	0	+12 -12	+23	-12	+7 -18	+23	-18	0 -25	+16	-25
50	80	0 -19	+30 0	+49	0	+15 -15	+28	-15	+9 -21	+28	-21	0 -30	+19	-30
80	120	0 -22	+35 0	+57	0	+17 -17	+34	-17	+10 -25	+32	-25	0 -35	+22	-35



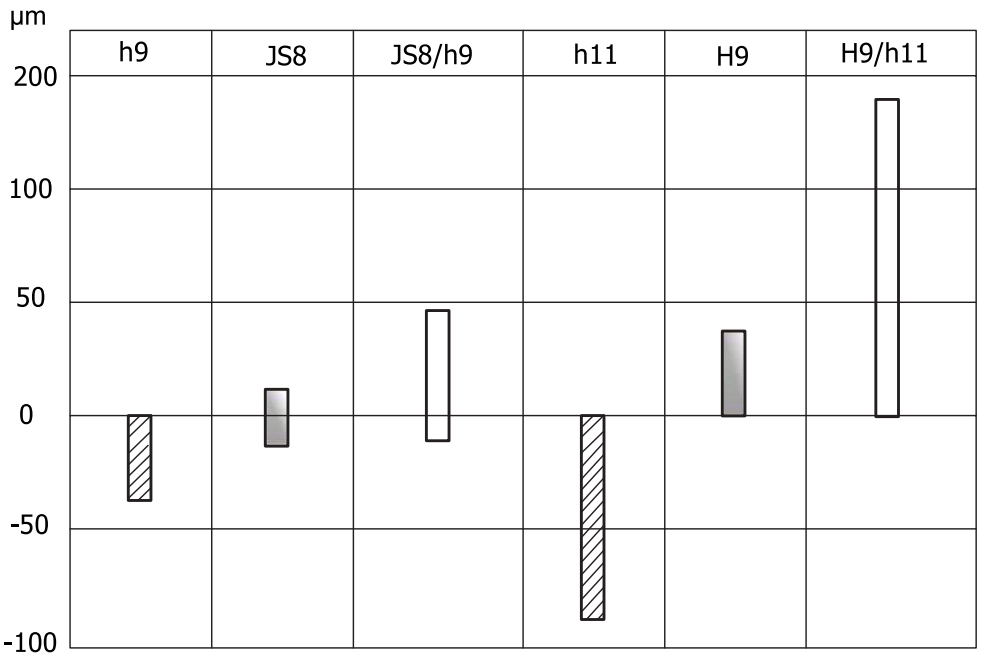
Nimellis-mittaryhmä mm		Kanta-akseli	Välisovite			Ahdistussovite					
				JS8/h7			P7/h7			P8/h7	
>	≤	h7	JS8	max	min	P7	max	min	P8	max	min
		0	+7			-			-		
-	3	-10	-7	+17	-7	-	-	-	-		
		0	+9			-			-12		
3	6	-12	-9	+21	-9	-	-	-	-30	0	-30
		0	+11			-			-15		
6	10	-15	-11	+26	-11	-	-	-	-37	0	-37
		0	+13			-			-18		
10	18	-18	-13	+31	-13	-	-	-	-45	0	-45
		0	+16			-14			-		
18	30	-21	-16	+37	-16	-35	+7	-35	-	-	-
		0	+19			-17			-		
30	50	-25	-19	+44	-19	-42	+8	-42	-	-	-
		0	+23			-21			-		
50	80	-30	-23	+53	-23	-51	+9	-51	-	-	-
		0	+27			-24			-		
80	120	-35	-27	+62	-27	-59	+11	-59	-	-	-



Nimellis-mittaryhmä mm		Kanta-akseli	Välyssovite									Välisovite					
				D10/h8			E9/h8			F8/h8			H8/h8			JS8/h8	
>	≤	h8	D10	max	min	E9	max	min	F8	max	min	H8	max	min	JS8	max	min
-	3	0 -14	+60 +20	+74	+20	+39 +14	+53	+14	+20 +6	+34	+6	+14 0	+28	0	+7 -7	+21	-7
3	6	0 -18	+78 +30	+96	+30	+50 +20	+68	+20	+28 +10	+46	+10	+18 0	+36	0	+9 -9	+27	-9
6	10	0 -22	98 +40	+120	+40	+61 +25	+83	+25	+35 +13	+57	+13	+22 0	+44	0	+11 -11	+33	-11
10	18	0 -27	+120 +50	+147	+50	+75 +32	+102	+32	+43 +16	+70	+16	+27 0	+54	0	+13 -13	+40	-13
18	30	0 -33	+149 +65	+182	+65	+92 +40	+125	+40	+53 +20	+86	+20	+33 0	+66	0	+16 -16	+49	-16
30	50	0 -39	+180 +80	+219	+80	+112 +50	+151	+50	+64 +25	+103	+25	+39 0	+73	0	+19 -19	+58	-19
50	80	0 -46	+220 +100	+266	+100	+134 +60	+180	+60	+76 +30	+122	+30	+46 0	+92	0	+23 -23	+69	-23
80	120	0 -54	+260 +120	+314	+120	+159 +72	+213	+72	+90 +36	+144	+36	+54 0	+108	0	+27 -27	+81	-27



Nimellis-mittaryhmä mm		Kanta-akseli	Välyssovite											
				D10/h9			E9/h9			F8/h9			H9/h9	
>	≤	h9	D10	max	min	E9	max	min	F8	max	min	H9	max	min
		0	+60			+39			+20			+25		
-	3	-25	+20	+85	+20	+14	+64	+14	+6	+45	+6	0	+50	0
		0	+78			+50			+28			+30		
3	6	-30	+30	+108	+30	+20	+80	+20	+10	+58	+10	0	+60	0
		0	98			+61			+35			+36		
6	10	-36	+40	+134	+40	+25	+97	+25	+13	+71	+13	0	+72	0
		0	+120			+75			+43			+43		
10	18	-43	+50	+163	+65	+32	+118	+32	+16	+86	+16	0	+86	0
		0	+149			+92			+53			+52		
18	30	-52	+65	+201	+50	+40	+144	+40	+20	+105	+20	0	+104	0
		0	+180			+112			+64			+62		
30	50	-62	+80	+242	+80	+50	+174	+50	+25	+126	+25	0	+124	0
		0	+220			+134			+76			+74		
50	80	-74	+100	+294	+100	+60	+208	+60	+30	+150	+30	0	+148	0



Nimellis-mitta-ryhmä		Kanta-akseli	Välisovite			Kanta-akseli	Välyssovite		
				JS8/h9				H9/h11	
>	≤	h9	JS8	max	min	h11	H9	max	min
-	3	0 -25	+7 -7	+32	-7	0 -60	+25 0	+120	0
3	6	0 -30	+9 -9	+39	-9	0 -75	+30 0	+150	0
6	10	0 -36	+11 -11	+47	-11	0 -90	+36 0	+180	0
10	18	0 -43	+13 -13	+56	-13	0 -110	+43 0	+220	0
18	30	0 -52	+16 -16	+68	-16	0 -130	+52 0	+260	0
30	50	0 -62	+19 -19	+81	-19	0 -160	+62 0	+320	0
50	80	0 -74	+23 -23	+97	-23	0 -190	+74 0	+380	0
80	120	0 -87	+27 -27	+114	-27	0 -220	+87 0	+440	0

harjoituksia

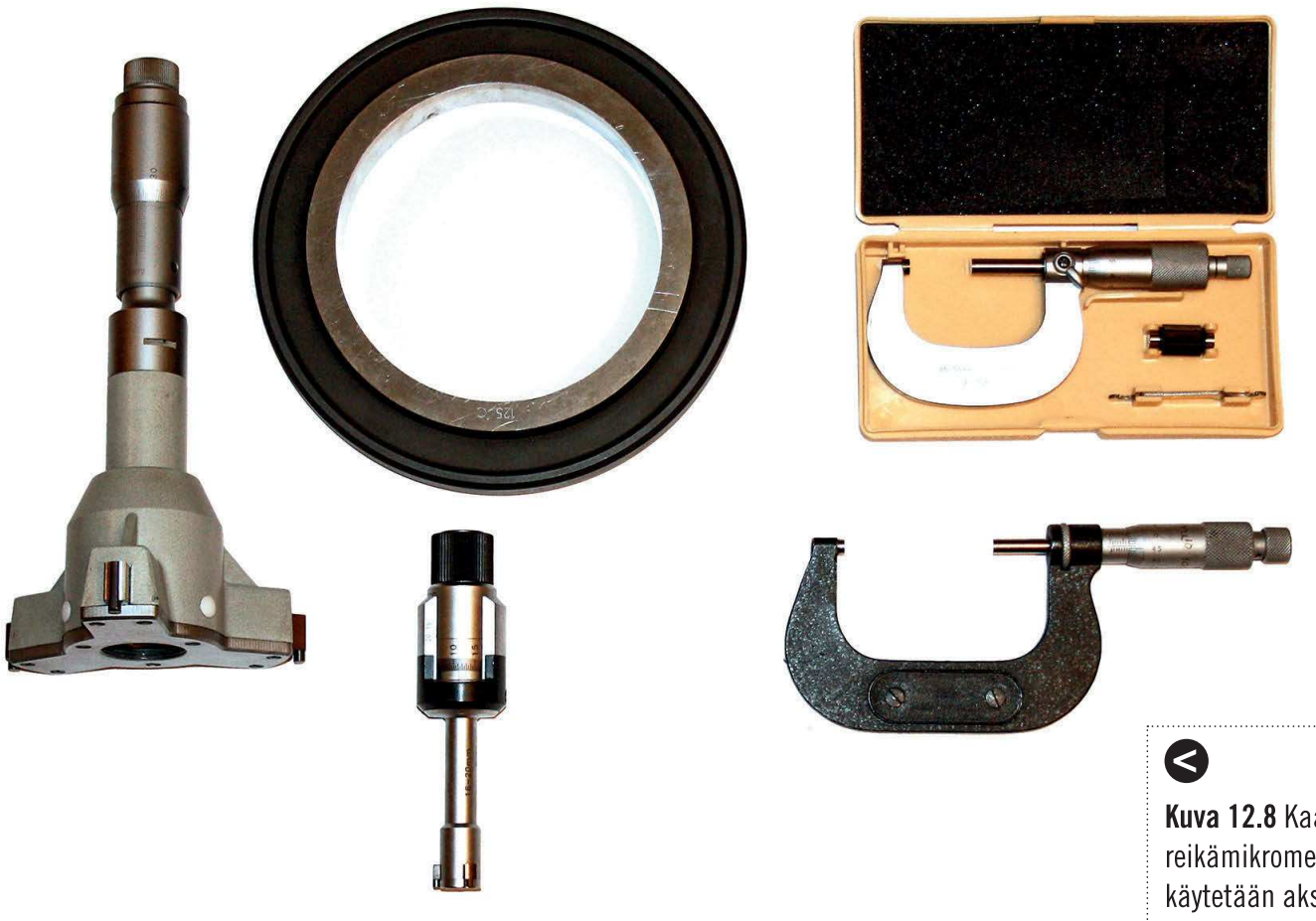
1. Tutustu standardien avulla reikäkantajärjestelmän ja akselikantajärjestelmän sovitevalikoimiin.

Sovite-tyyppi	REIKÄKANTA			KÄYTTÖKOHTEITA	AKSELIKANTA			
	H7	H8	H9		h6	h7	h8	h9
Ahdistussovitteita		u7		**Luja ahdistussovite** – liittäminen kutistamalla tai paineöljyllä – vääntömomentin siirto ilman kiilaa				
	s6			**Ahdistussovite** – liittäminen puristamalla tai kutistamalla – siirtää pienehkön vääntömomentin				
	p6			**Helppo ahdistussovite** – laakeriholkki laakeripesässään, hihnapyörä ja vinohampainen hammaspyörä kiilaliitoksella akselillaan – kestää pienen vääntömomentin	P7 P8	P7 P8		
Välisovitteita	m6			**Pakotussovite** – koottava yleensä puristimella – vaatii kiilavarmistuksen vääntömomenttia siirrettäessä	M7			
	k6			**Helppo pakotussovite** – pysyvästi asennetut ketjupyörät ja suorahampaiset hammaspyörät akselillaan – koottavissa vasaroimalla	K7			
	js6			**Tartuntasovite** – purettavat hammaspyörät ja köysipyörät akselilta – liikuteltavissa käsin tai kevyesti vasaroimalla	JS7	JS8	JS8	JS8
Välyssovitteita	h6	h7 h8	h8	**Työntösovite** – pinoolit, välirenkaat, väliholkit ja sokalla varmistetut navat – liikuteltavissa käsin	H7	H8	H8	H9
	g6			**Työntösovite** – työstökoneen karan liukulaakerit, siirrettävät kytkimet ja vaihdettavat hammaspyörät				
		f8	f8	**Liukusovite** – hitaasti liikkuvat liukulaakerit, männät sylinterissä ja aksiaalisesti siirrettävät pyörät		F8	F8	F8
		e9	e9	**Liukusovite** – liukulaakerit pitkissä tai monilaakerisissa akseleissa, kampiakseleissa ja vivuissa			E9	E9
			d10	**Suurivälyksinen sovite** – karkeat liukulaakeroinnit ja suuret lämpötilaerot laakereissa			D10	D10

Kuva 12.7 Erilaisia sovitteiden käyttökohteita.

12.3 ISO-mittavälinejärjestelmä

ISO-toleranssijärjestelmään kuuluu myös mittavälinejärjestelmä. Järjestelmä sisältää yksityiskohtaiset määräykset, joilla rajamitat vahvistetaan. ISO-järjestelmän pätevyys on riippumaton siitä, millä mittavälineillä kappaleet tarkastetaan. Tarkastukseen voidaan käyttää kiinteitä mittavälineitä, kuten tulkkeja, tai osoittavia mittavälineitä, kuten erilaisia mikrometrejä.



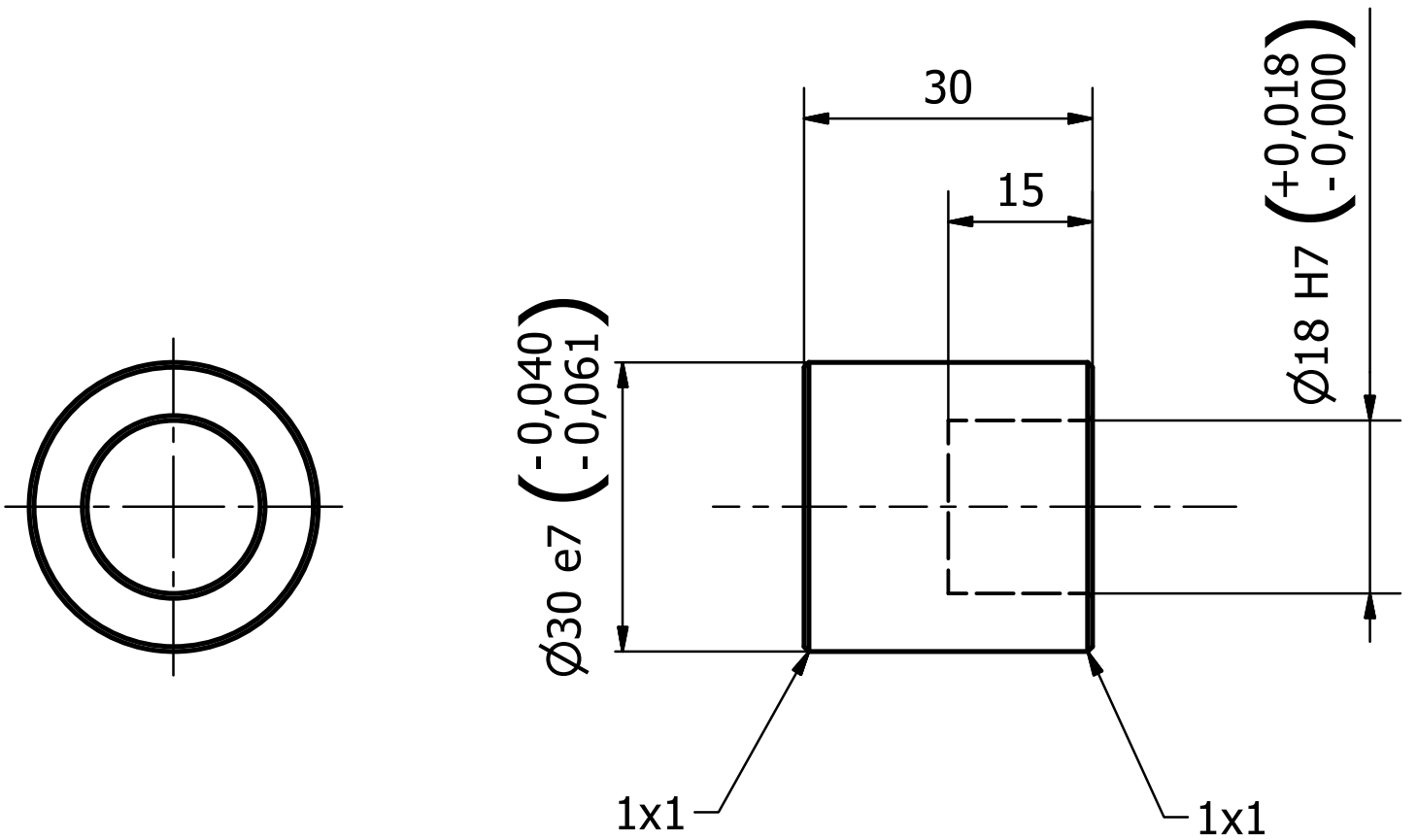
Kuva 12.8 Kaarimikrometrejä ja reikämikrometrejä. Mittavälineitä käytetään akseleiden, reikien ja muiden mittojen tarkastamiseen.

12.4 ISO-toleranssien ja sovitteiden merkintä piirustuksiin

Piirustukseen merkitty ISO-toleranssimerkintä sisältää perusmitan, sen perässä olevan toleranssiasemaa kuvaavan kirjaimen ja kirjaimen perässä olevan toleranssiastetta kuvaavan numeron.

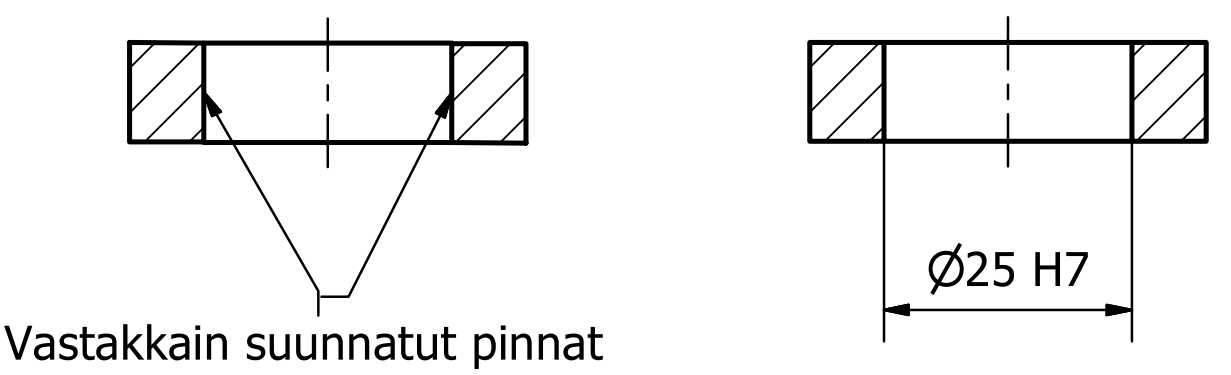
Tarvittavat eromitat löytyvät toleranssitaulukoista edellä mainittujen tietojen perusteella, mutta valmistuksen kannalta ne on edullista merkitä jo suoraan piirustukseen. Jos eromitat merkitään piirustukseen, ne kirjoitetaan sulkumerkkien sisään.

Perusmitan eteen merkitään tarvittaessa halkaisijan merkki koneenpiirustussääntöjen mukaisesti.

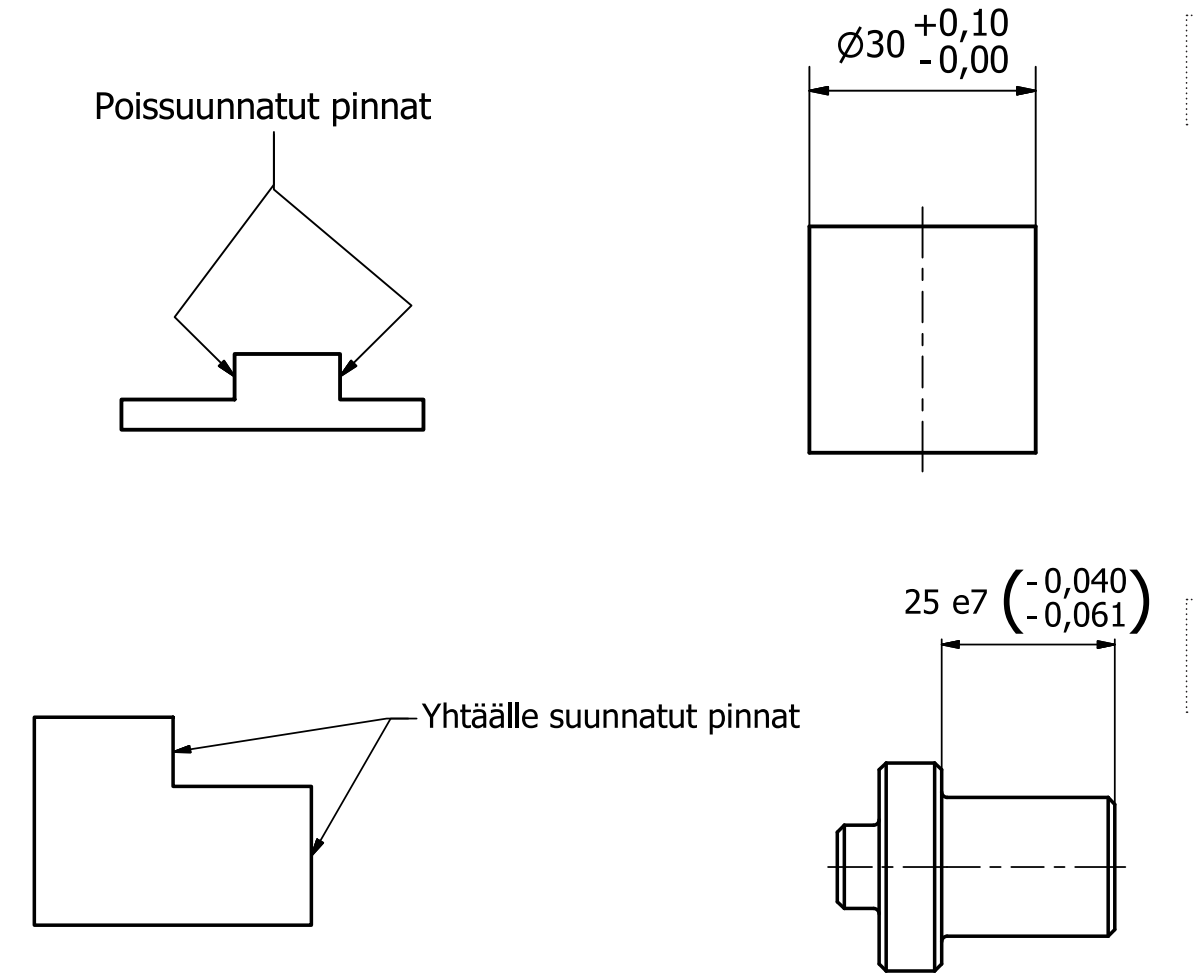


Kuva 12.9 Esimerkki ISO-toleranssien merkinnästä piirustuksiin.

Vastaavasti toleranssimerkintöjä käytetään myös vastakkain suunnattujen pintojen, poissuunnattujen pintojen ja yhtäälle suunnattujen pintojen yhteydessä. Vastakkain suunnattuja pintoja voidaan verrata reikiin, poissuunnattuja pintoja akseleihin ja yhtäälle suunnattuja olakkeisiin.



Kuva 12.10 Vastakkain suunnatut pinnat.

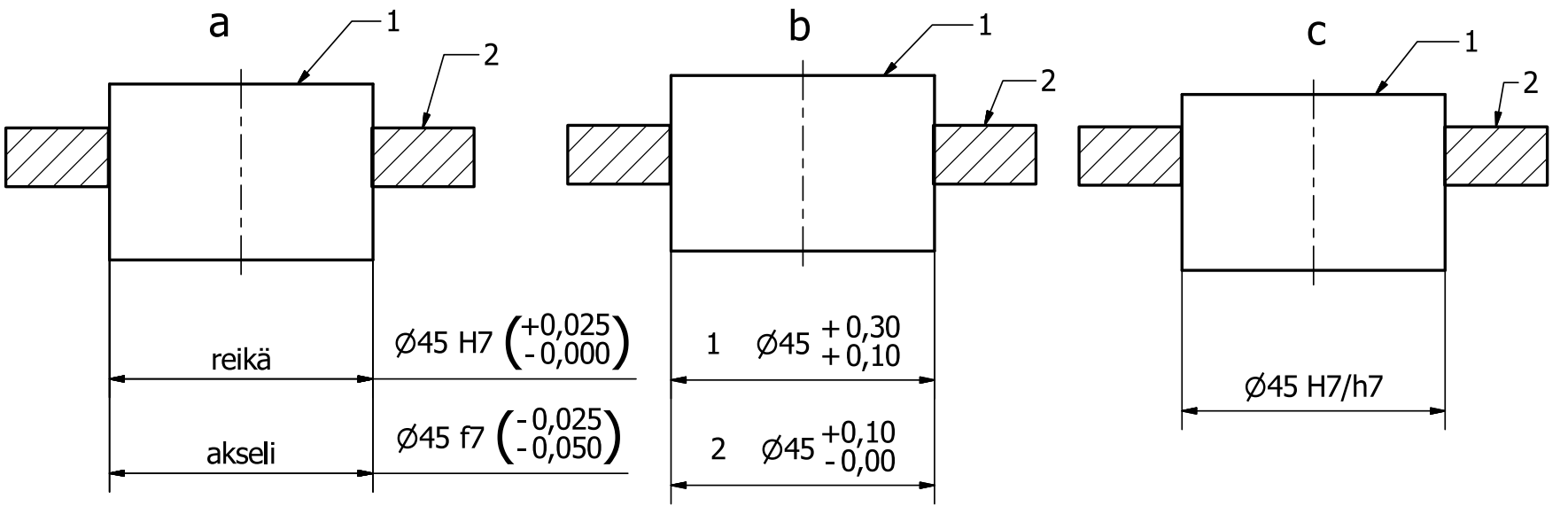


Kuva 12.11 Poissuunnatut pinnat.

Kuva 12.12 Yhtäälle suunnatut pinnat.

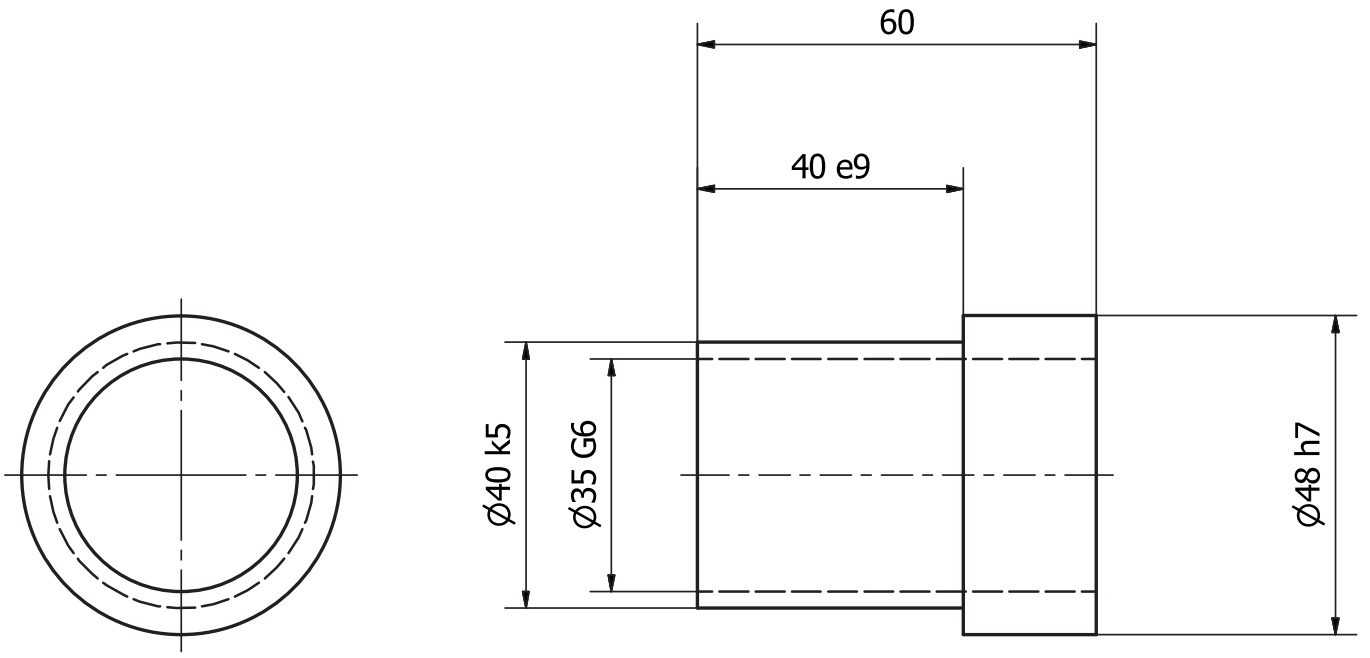
Sovitteisiin kuuluvista osista laaditaan erillinen piirustus, jolloin niissä kummassakin on erikseen myös tarvittavat mitat ja toleranssimerkinnät.

Soviteosat voidaan esittää myös valmiiksi yhteenliitettyinä. Tällöin mitat ja toleranssimerkinnät voidaan merkitä samaan kuvaan allekkain. Ylempi mitta liittyy aina reikään ja alempi akseliin.



Kuva 12.13 Erilaisia tapoja merkitä sovitteet piirustuksiin.

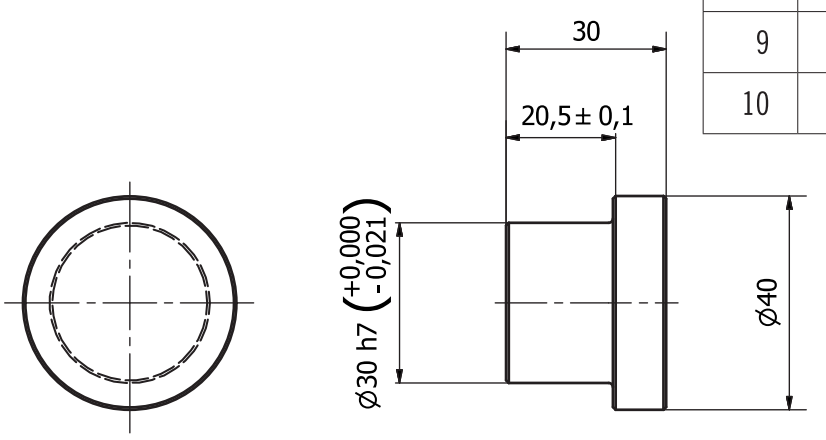
1. Lisää oheiseen piirustukseen puuttuvat eromitat.



2. Oheisen piirustuksen mukaisia holkkeja valmistettiin kymmenen kappaletta ja tarkastuksessa saatiin toleroidulle halkaisijalle ja olakkeen pituudelle seuraavat taulukossa olevat mitat.

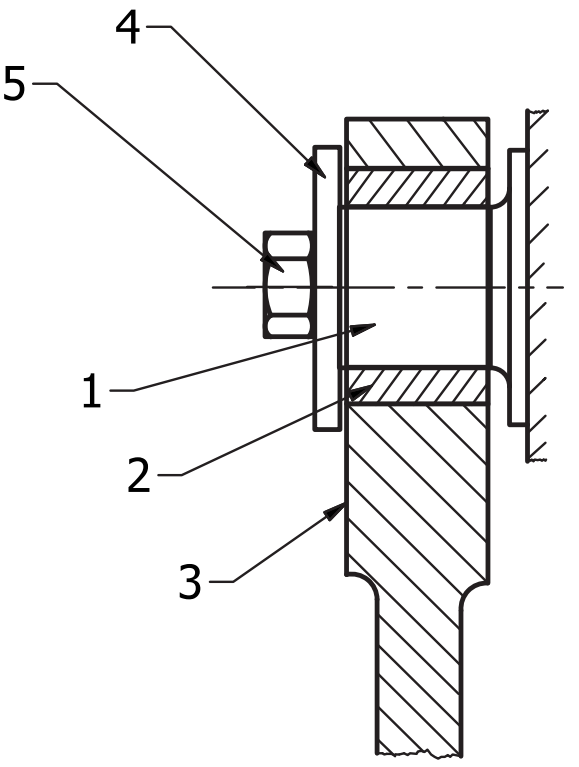
Merkitse taulukon Tuomio-sarakkeeseen, mitkä kappaleista ovat
- piirustuksen mukaisia (Merkitse: ”OK”)
- korjattavissa (Merkitse: ”Korjattavissa”)
- käyttökelvottomia (Merkitse: ”Susi”, ja perustele vastauksesi)

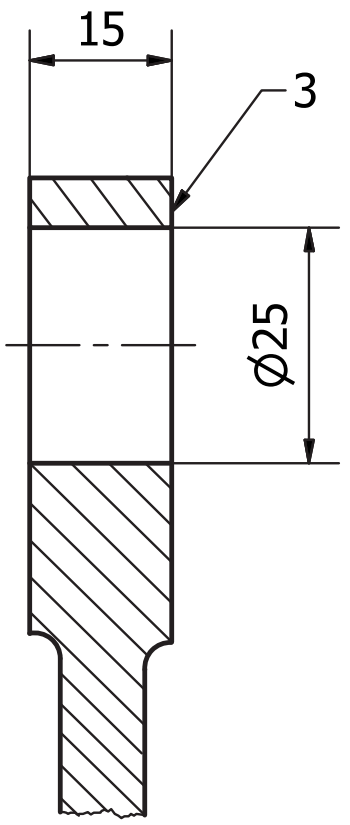
Kappale	Mitta Ø30 h7	Mitta 20,5 ± 0,1	Tuomio
1	30,10	20,60	
2	29,98	20,70	
3	30,00	20,55	
4	30,03	20,80	
5	29,98	20,40	
6	29,89	20,38	
7	29,99	20,55	
8	30,05	20,40	
9	30,00	20,80	
10	29,88	20,20	

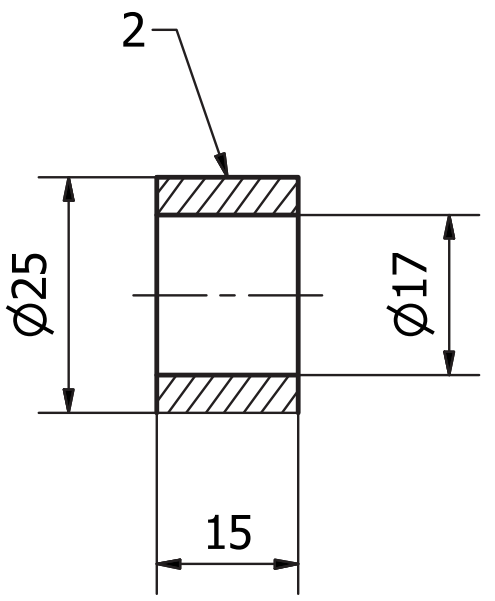


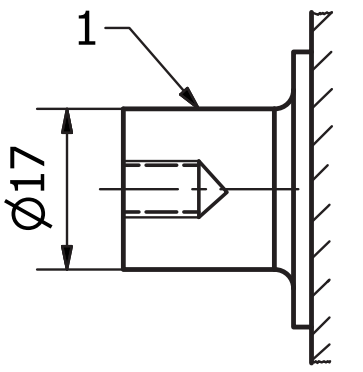
Viisteet 1x1

3. Lisää oheiseen piirustukseen puuttuvat toleranssit siten, että osien 1 ja 2 välillä on liukusovite ja osien 2 ja 3 välillä ahdistussovite. Käytä ISO-toleranssimitoitusta merkitsemällä myös eromitat näkyviin. Merkitse myös pituusmittoihin tarvittavat eromitat.



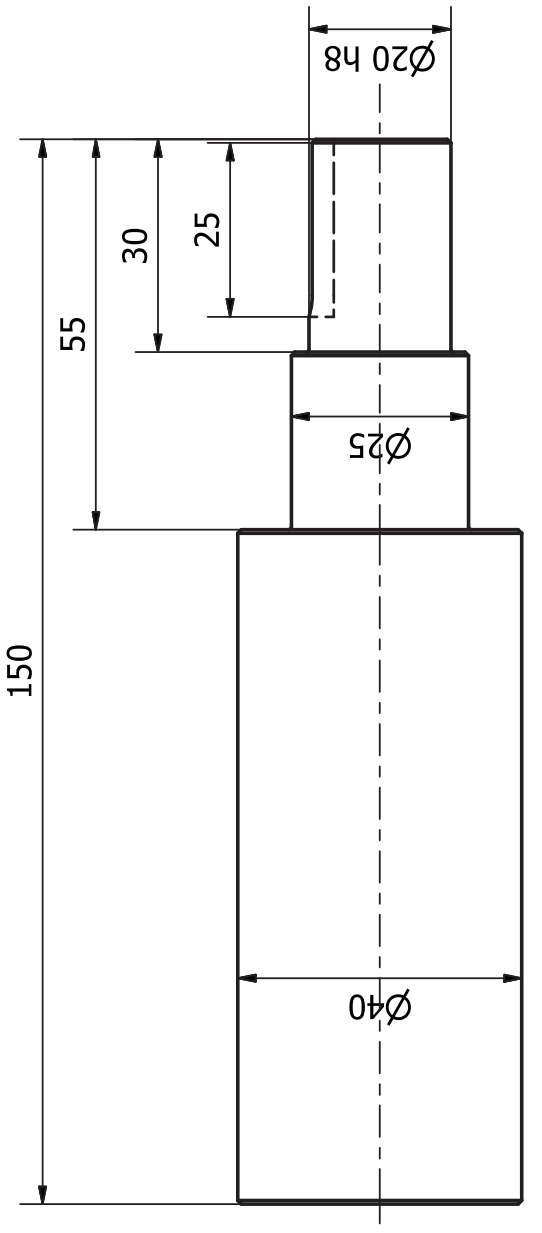




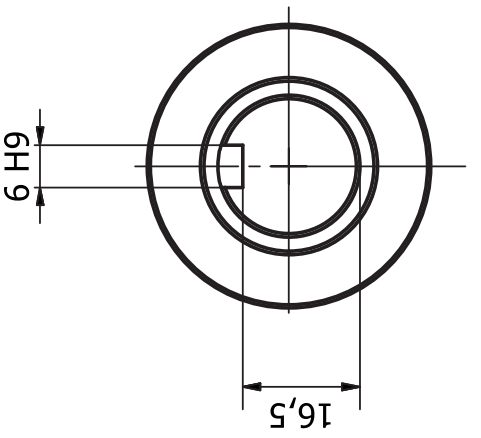


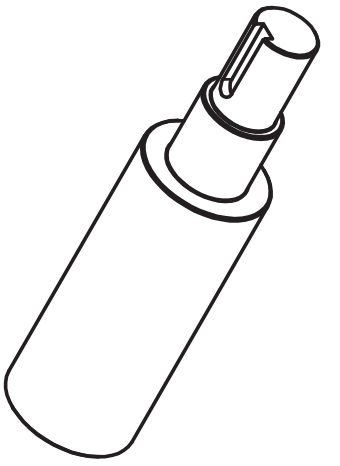
4. Piirrä CAD-piirustusohjelmaa käyttämällä mitoitettu työpiirustus opettajan antamasta vaihdelaatikon akselista (tai muusta vastaavasta akselista).

   Merkitse piirustukseen myös kaikki tarvittavat toleranssit eromittoineen.



Viisteet 2x2





1 Sorvaa työpajalla oheisen piirustuksen mukainen olakeakseli ja jyrsi siihen kiilaura.

Akselin halkaisijalle ∅25 asennetaan kaksirivinen urakuulalaakeri SKF 2302.
Laakeri asennetaan helpolla ahdistussovitteella akselille. Valitse akselille sopiva toleranssiasema ja toleranssiaste ja merkitse valintaasi edellyttävät eromitat.

– toleranssiasema (kirjain):

– toleranssiaste (IT-aste):

– eromitat:

Merkitse akselin halkaisijalle ∅20 h8 eromitat.
– eromitat:

Merkitse kiilauran leveydelle 6 H9 eromitat.
– eromitat:

Mittaa ja arvioi koneistuksen jälkeen, täyttääkö akseli sille asetetut mitta- ja toleranssivaatimukset.

ISO-toleransseihin ja sovitteisiin liittyviä standardeja

- **SFS-KÄSIKIRJA 20.** Toleranssit ja pinnankarheus.
  Osa 1: ISO-toleranssit ja geometriset toleranssit
- **SFS 2231 ISO-toleranssit.** Valikoima sovitteita. Reikäkanta.
  (Poistettu käytöstä vuonna 2012).
- **SFS 2232 ISO-toleranssit.** Valikoima sovitteita. Akselikanta.
  (Poistettu käytöstä vuonna 2012).
- **SFS 2872 ISO-toleranssit.** Valikoima reikä- ja akselitoleransseja yleiskäyttöön
- **SFS-EN ISO 286-1 Geometrinen tuotemäärittely (GPS).** Pituusmittojen toleranssijärjestelmä. Osa 1: Toleranssien, eromittojen ja sovitteiden perusteet.

13

Geometriset toleranssit

Koneenosien valmistuksessa tarvitaan mittatoleranssien lisäksi myös geometrisiä toleransseja. Niiden avulla varmistetaan esimerkiksi koneenosien toiminta- ja vaihtokelpoisuusvaatimukset.

Geometrisillä toleransseilla määritellään ne sallitut muodon, suunnan, sijainnin tai heiton rajat, joiden sisällä mahdollisen poikkeaman tulee olla. Toleranssit voivat kohdistua koko koneenosaan tai ainostaan johonkin osaan siitä.

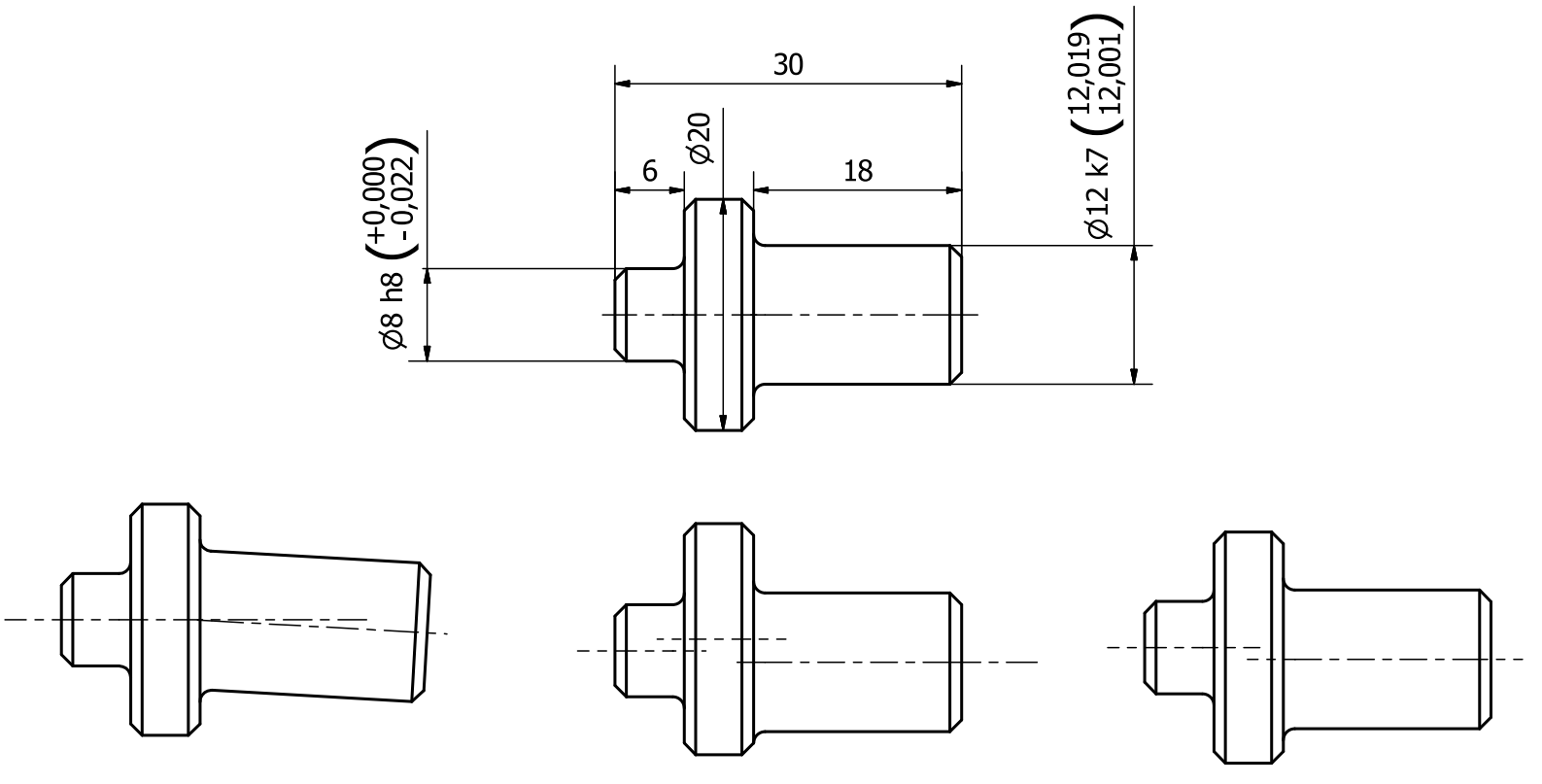
Mittatarkkuus ja pinnan laatu vaikuttavat myös geometrisiin toleransseihin. Esimerkiksi suuri mittatarkkuus vaatii hyvää pinnan laatua ja yleensä myös tarkempaa geometristä muotoa tai sijaintia.

Geometristen toleranssien käytöstä ja merkinnöistä on julkaistu SFS-standardi. Sen mukaan geometrisesti määriteltäviä ominaisuuksia ovat seuraavat:

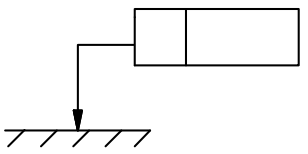
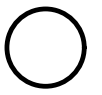
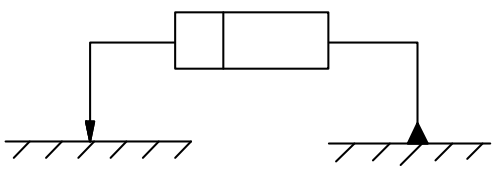
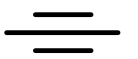
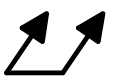
- **Muototoleranssit:**
  - suoruus
  - tasomaisuus
  - ympyrämäisyys
  - lieriömäisyys
  - tasoviivan muoto
  - pinnan muoto
- **Suuntatoleranssit:**
  - yhdensuuntaisuus
  - kohtisuoruus
  - kulma-asento
- **Sijaintitoleranssit:**
  - paikka
  - samankeskeisyys ja sama-akselisuus
  - symmetrisyys
- **Heittotoleranssit:**
  - heitto
  - kokonaisheitto

Muototoleranssit koskevat yleensä yhtä elementtiä, joten ne ovat riippumattomia muista elementeistä. Suunta-, sijainti- ja heittotoleranssit koskevat riippuvaisia elementtejä, joiden suuntaa, paikkaa tai heittoa verrataan toiseen elementtiin, niin sanottuun peruselementtiin.

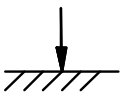
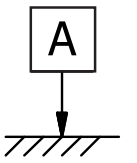
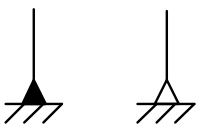
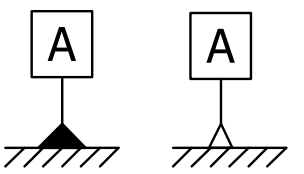
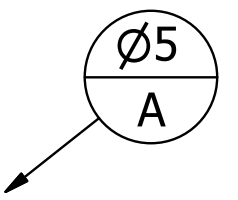
Geometriset toleranssit asetetaan ainoastaan silloin, kun on tarkoituksenmukaista varmistaa taloudellisella tavalla koneenosien toiminta- ja vaihtokelpoisuus. Tarpeettomat tarkkuusvaatimukset lisäävät tuotteen valmistuskustannuksia.



Kuva 13.1 Akselin piirustus mittatoleransseineen ilman geometrisia toleransseja. Esimerkeissä on liioiteltu muutamia muotovirheitä, joita pelkät mittatoleranssit eivät ota huomioon.

Elementit ja toleranssit		Toleroitu ominaisuus	Tunnus
Riippumattomille elementeille 	Muototoleranssit	Suoruus	
		Tasomaisuus	
		Ympyrämäisyys	
		Lieriömäisyys	
Riippumattomille tai riippuvaisille elementeille		Tasoviivan muoto	
		Pinnan muoto	
Riippuvaisille elementeille 	Suuntatoleranssit	Yhdensuuntaisuus	
		Kohtisuoruus	
		Kulma-asento	
	Sijaintitoleranssit	Paikka	
		Samankeskeisyys ja sama-akselisuus	
		Symmetrisyys	
	Heittotoleranssit	Heitto	
		Kokonaisheitto	

Kuva 13.2 Geometrisesti toleroitujen ominaisuuksien tunnukset.

Käsite		Tunnus
Toleroidun elementin esittäminen	Suoraan	
	Kirjaimella	
Peruselementin esittäminen	Suoraan	
	Kirjaimella	
Rajoitettu peruselementti		
Teoreettisesti oikea mitta		
Siirretty toleranssialue		
Menorajan periaate eli maksimimateriaalivaatimus		

Kuva 13.3 Geometrisesti toleroitujen ominaisuuksien lisätunnukset.

13.1 Geometristen toleranssien peruskäsitteet ja -elementit

Valmistettavissa työkappaleissa (koneenosissa) on useita elementtejä, kuten pintoja, pisteitä ja viivoja. Esimerkiksi pinnoille tai viivoille voidaan tarvittaessa määritellä muoto geometristen toleranssien avulla.

Geometristen toleranssien peruskäsitteet ja peruselementit

TOLEROITU ELEMENTTI
Esimerkiksi työkappaleessa oleva piste, viiva tai pinta, jonka muoto, suunta, sijainti tai ulottuvuus halutaan määritellä.

PERUSELEMENTTI
Teoreettisesti oikean muotoinen geometrinen peruslähtökohta, johon toleroitua elementtiä verrataan. Tällaisia ovat esimerkiksi akselit, tasot, suorat viivat, jne. Peruselementit voivat perustua yhteen tai useampaan työkappaleen todelliseen peruselementtiin.

PERUSELEMENTTIJÄRJESTELMÄ
Kahden tai useamman erillisen peruselementin muodostama kokonaisuus, jota käytetään toleroidun elementin peruselementtinä.

TODELLINEN PERUSELEMENTTI
Työkappaleen todellinen elementti, jonka avulla peruselementin sijainti on määrätty. Se voi olla esimerkiksi työkappaleessa oleva reikä, särmä tai pinta.

RAJOITETTU PERUSELEMENTTI
Työkappaleen piste, viiva tai pintojen rajoitettu alue, jota käytetään valmistuksen ja tarkastuksen yhteydessä kiinnitys- ja tuentakohtana. Rajoitetut peruselementit määräävät toiminnalliset vaatimukset täyttävät peruselementit.

APUPERUSELEMENTTI
Riittävän täsmällisen muotoinen todellinen pinta, joka koskettaa todellista peruselementtiä ja jota käytetään peruselementtien asemesta. Apuperuselementtejä ovat esimerkiksi mittaustasot, laakeripinnat ja tuurnat. Niitä käytetään piirustukseen merkittyjen peruselementtien käytännön vastineina valmistuksen ja tarkastuksen aikana.

Peruselementeiksi kannattaa valita työkappaleen todellisia, riittävän suuria ja helposti paikannettavia elementtejä. Tällöin työkappaleen tarkastaminen on helpompaa.

13.2 Geometristen toleranssien merkintä piirustuksiin

Geometriset toleranssit merkitään kaksi- tai kolmeosaiseen neliöistä tai suorakulmioista koostuvaan toleranssikehykseen.

Ensimmäiseen ruutuun merkitään toleranssitunnus ja toiseen toleranssin suuruutta ilmaiseva mittaluku. Mittaluvun mittayksikkö on sama kuin piirustuksen muissakin mitoissa.

Jos toleranssialue on ympyrä tai lieriö, mittaluvun eteen merkitään halkaisijan merkki ∅.

Jos taas toleranssialue on pallo, mittaluvun eteen merkitään *pallo* ∅.

Kolmanteen ruutuun merkitään kirjaintunnus, joka osoittaa, mikä elementti toimii peruselementtinä. Peruselementti kohdistetaan piirustuksessa lisäksi omalla merkinnällä, jossa elementin kirjaintunnus on merkitty neliön sisään.

Kuva 13.4 Toleranssikehys koostuu kahdesta tai kolmesta ruudusta.

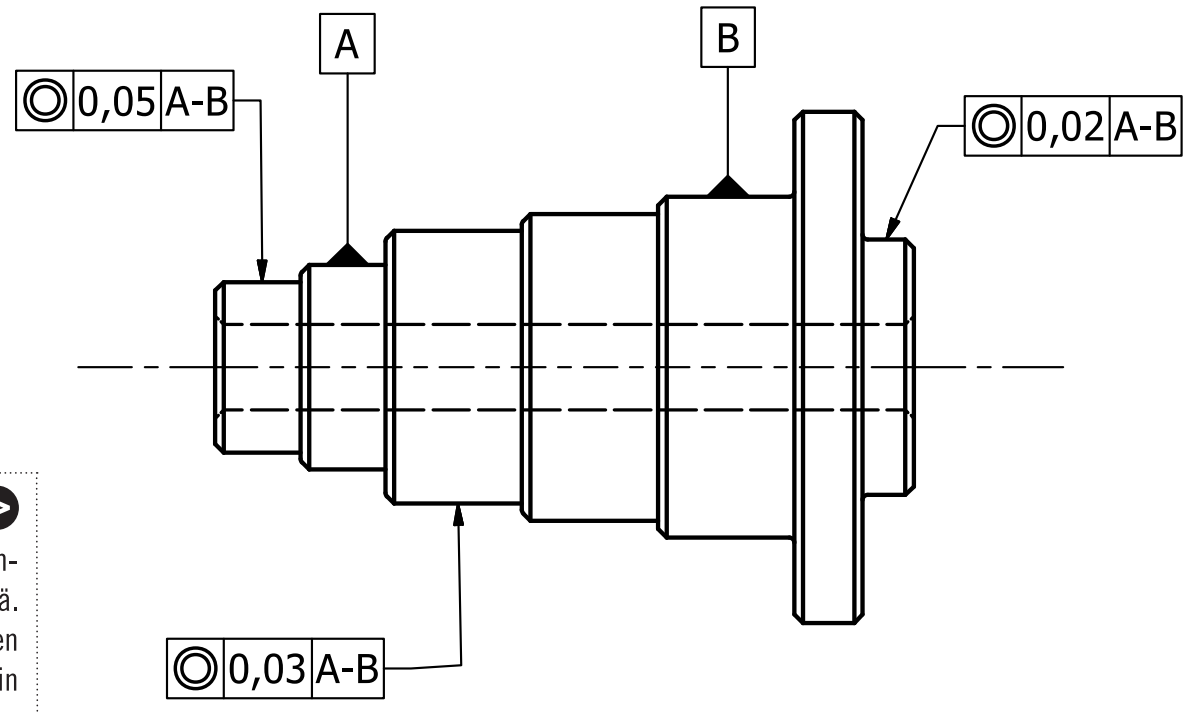
Kuva 13.5 Toleranssimerkintään voi liittyä myös lisähuomautuksia.

a) lisämerkintä reikien lukumäärästä

b) lisämerkintä rajoittavasta tiedosta

c) merkintä siitä, että samaan elementtiin liittyy useampi tolerointi.

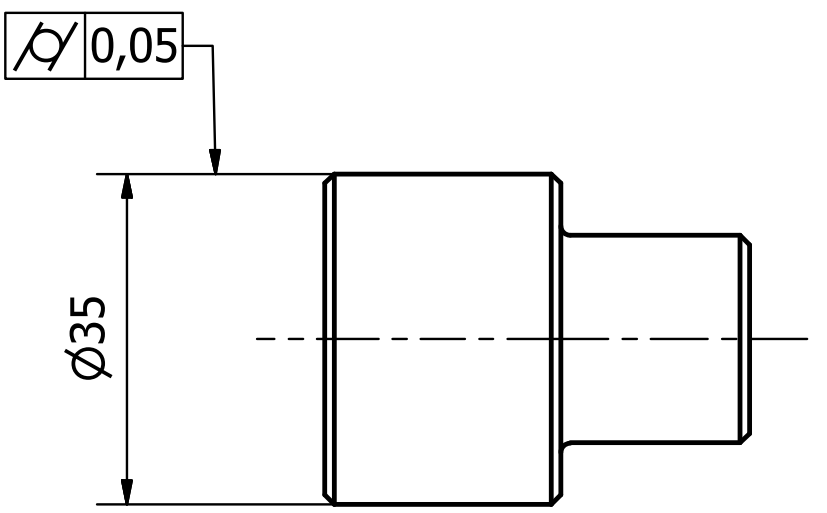
Kansainvälisissä kuvissa merkitään seuraavasti muodot: Pallo = S, ei kupera = NC ja reikien määrää ilmaisemaan käytetään x-merkkiä, esim. 6x.



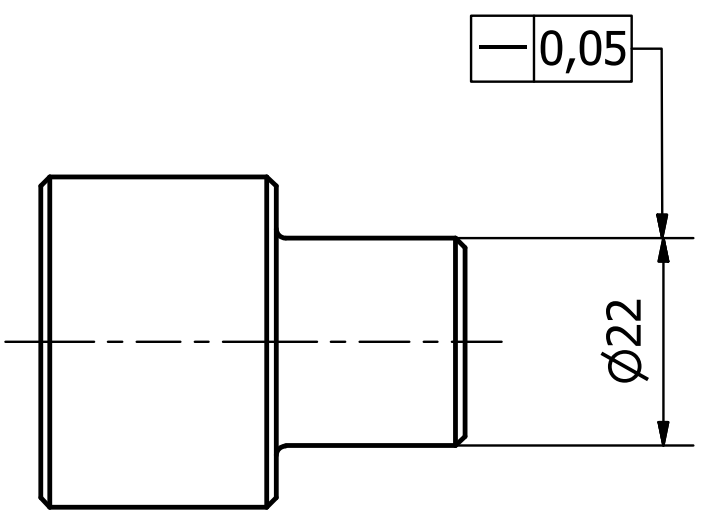
Kuva 13.6 Esimerkki akselin samankeskeisyystoleranssin merkinnästä. Akselin halkaisijat A ja B (laakerien paikat) ovat peruselementtejä, joihin kolmea muuta toleroitua halkaisijaa verrataan.

Toleroidun elementin esittäminen

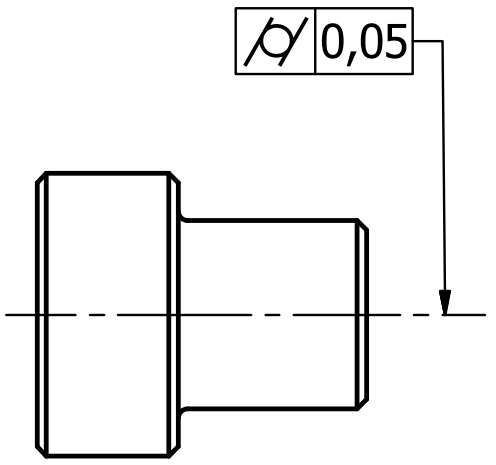
Toleranssikehys yhdistetään toleroituun elementtiin viiteviivalla. Riippumattomien elementtien toleranssit liitetään kohteeseen nuolenkärjellä.

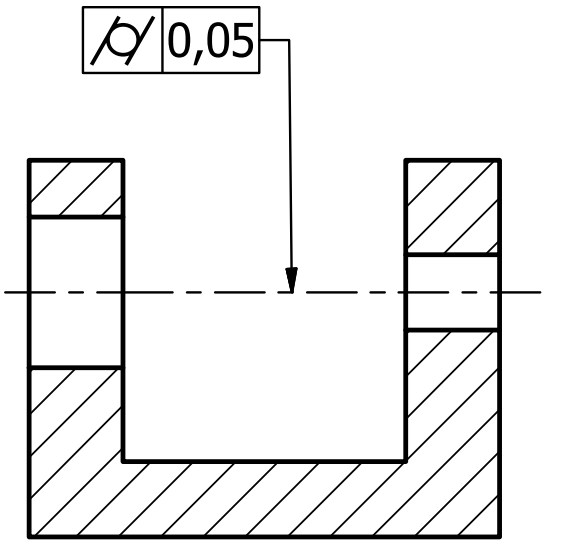


Kuva 13.7 Kun toleranssi koskee viivaa tai pintaa, nuolenkärki päättyy elementin muotoviivalle tai sen jatkeelle, muttei mittaviivan kohdalle.

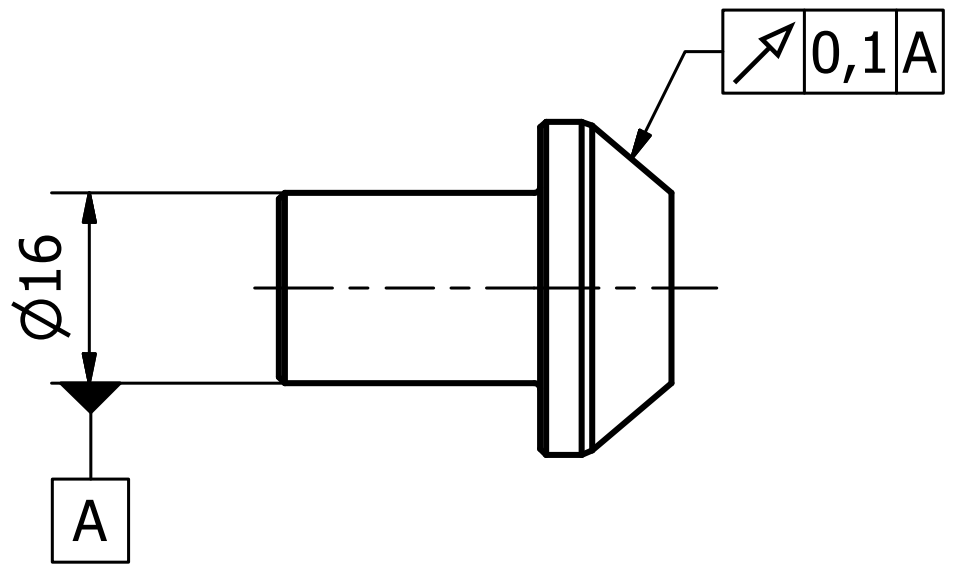


Kuva 13.8 Kun toleranssi koskee mittaviivalla mitoitetun elementin keskitasoa tai keskiviivaa ja vain keskiviivan tai keskitason sitä osaa, joka kuuluu tällä mittaviivalla mitoitettuun osaan, nuolenkärki sijoitetaan mittaviivan jatkeelle.

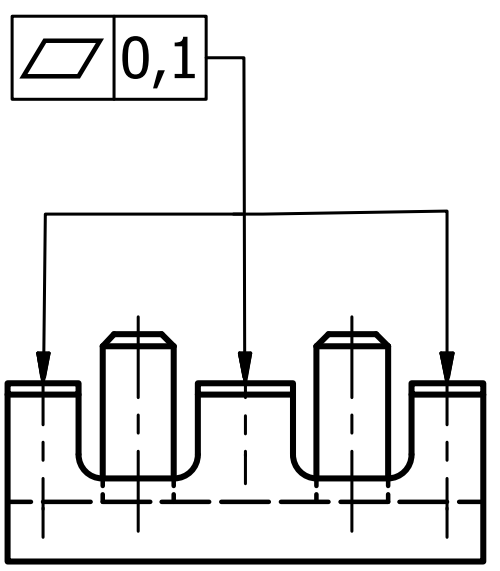




Kuva 13.9 Kun toleranssi koskee keskiviivan tai keskitason kaikkia elementtejä, joiden yhteisestä keskiviivasta tai keskitasosta on kyse koko kappaleen pituudelta, nuolenkärki päättyy keskiviivalle.



Kuva 13.10 Viitenuolen suunta ilmoittaa toleranssin suunnan, ellei mittaluvun edessä ole halkaisijan merkkiä.



Kuva 13.11 Useille erillisille elementeille sovelletut yhtäsuuret toleranssialueet voidaan esittää kuvan mukaisesti yhteisellä toleranssimerkinnällä.

Peruselementin esittäminen

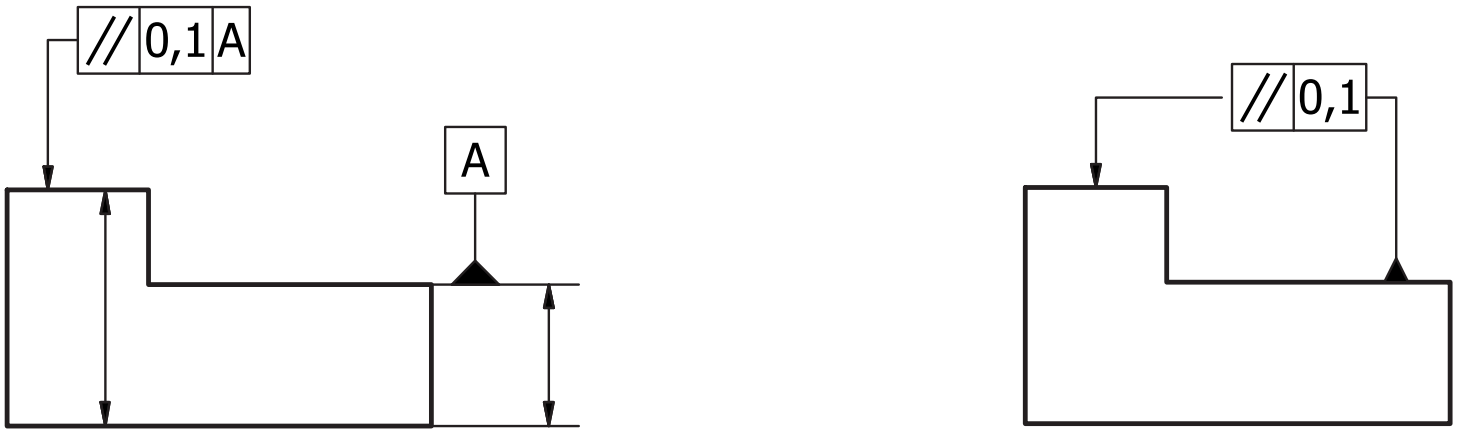
Toleranssikehys yhdistetään toleroituun elementtiin viiteviivalla. Toisistaan riippuvaisten elementtien toleranssit liitetään kohteeseen nuolenkärjellä ja sen lisäksi vertailuelementtiin. Vertailuelementtiin liittäminen voi olla suora tai epäsuora.

SUORA LIITTÄMINEN

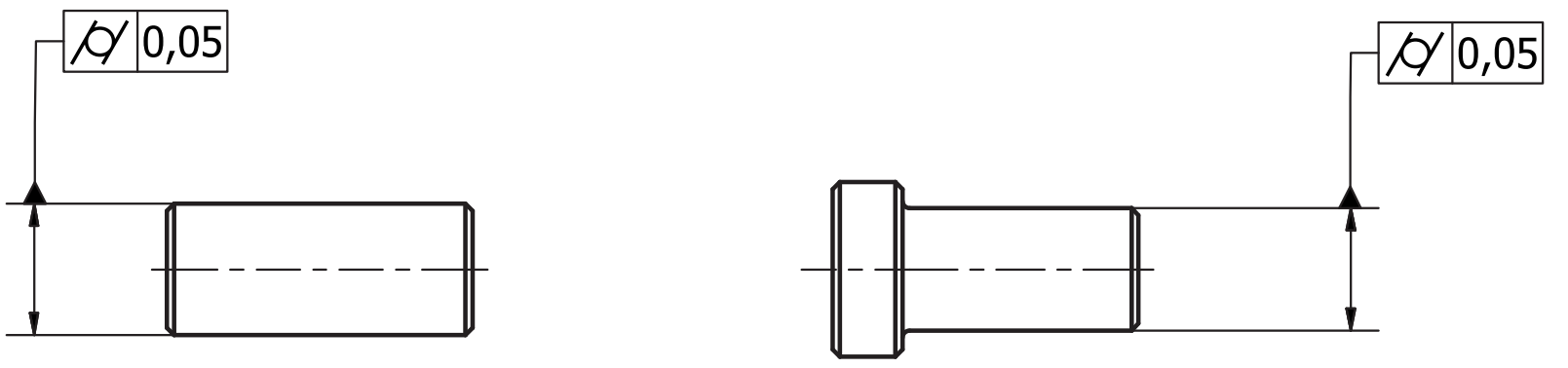
Toleranssikehys yhdistetään peruselementtiin viiteviivalla, joka lähtee toleranssikehyksestä ja päättyy täytettyyn tai avonaiseen kolmioon. Kolmion kanta lepää peruselementillä.

EPÄSUORA LIITTÄMINEN

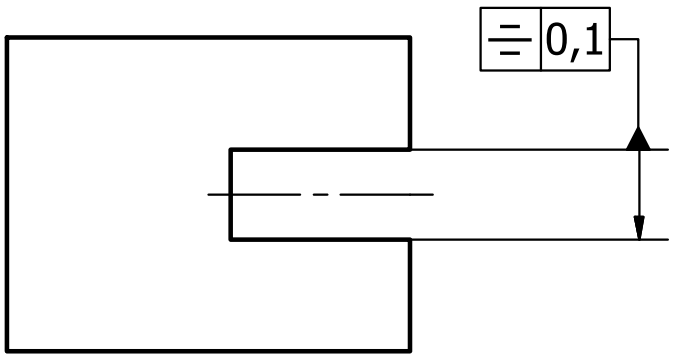
Toleranssikehystä ei aina voida yhdistää yksinkertaisella tavalla peruselementtiin. Tällöin käytetään neliöön merkittyä isoa viitekirjainta esittämään peruselementtiä, ja neliö yhdistetään viiteviivalla vastaavaan elementtiin. Viiteviivan peruselementtiä vastaan olevaan päähän merkitään täytetty tai avoin kolmio, jonka kanta lepää peruselementillä. Viitekirjain merkitään myös toleranssimerkinnän kolmanteen ruutuun.



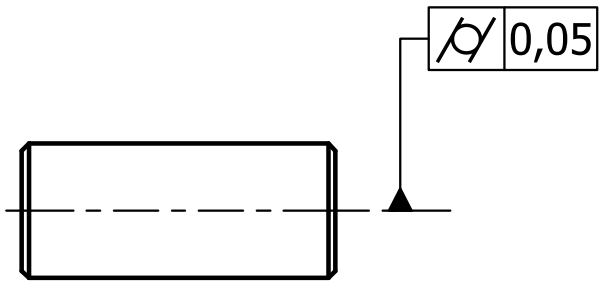
Kuva 13.12 Kun peruselementtinä on viiva tai pinta, kolmio sijoitetaan elementin muotoviivalle tai sen jatkeelle, muttei mittaviivan kohdalle.

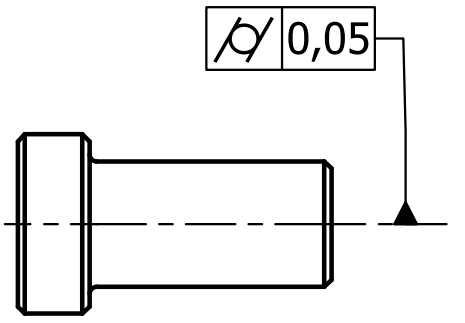


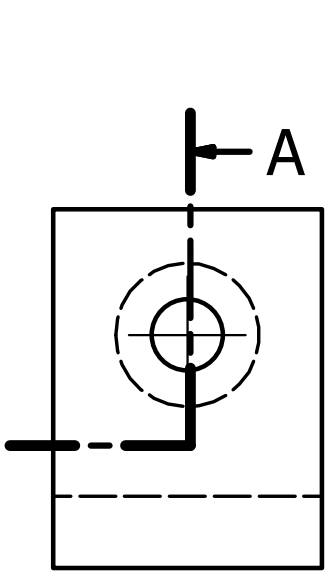
Kuva 13.13 Kun peruselementtinä on mittaviivalla mitoitetun elementin keskitaso tai keskiviiva, kolmio sijoitetaan mittaviivan jatkeelle mittaviivan kohdalle..

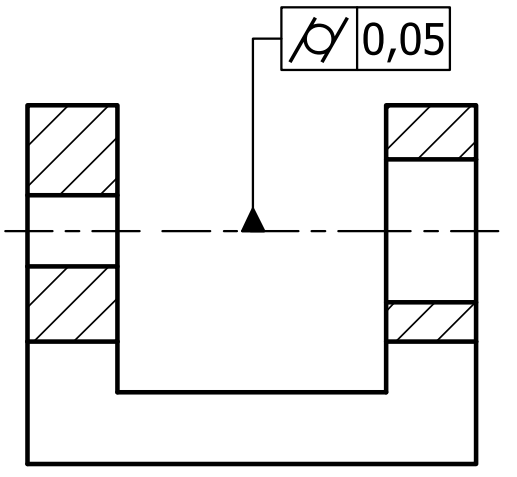


Kuva 13.14 Jos mittaviivalla ei ole riittävästi tilaa kahdelle nuolenkärjelle, toinen nuolenkärki voidaan korvata kolmiolla.

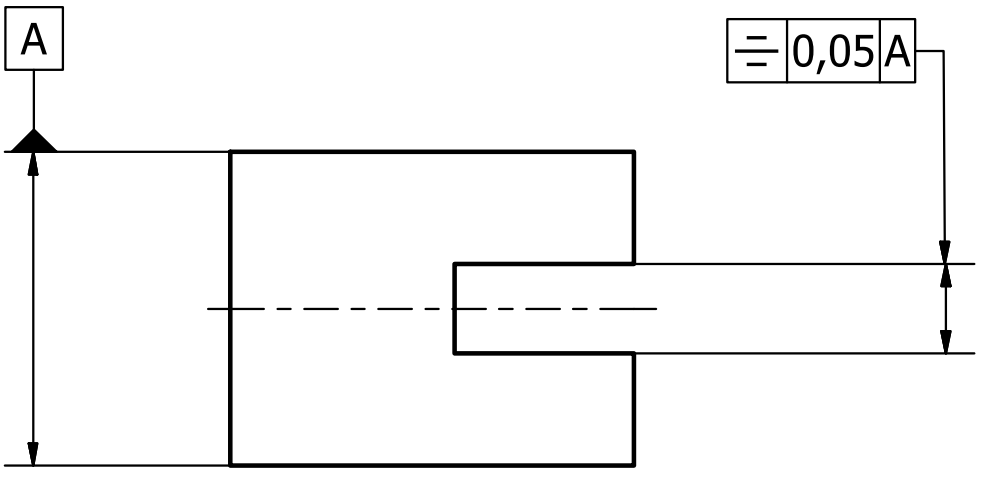








Kuva 13.15 Kun peruselementtinä on keskiviivan tai keskitason kaikkien elementtien yhteinen keskiviiva tai keskitaso, kolmio sijoitetaan keskiviivalle.



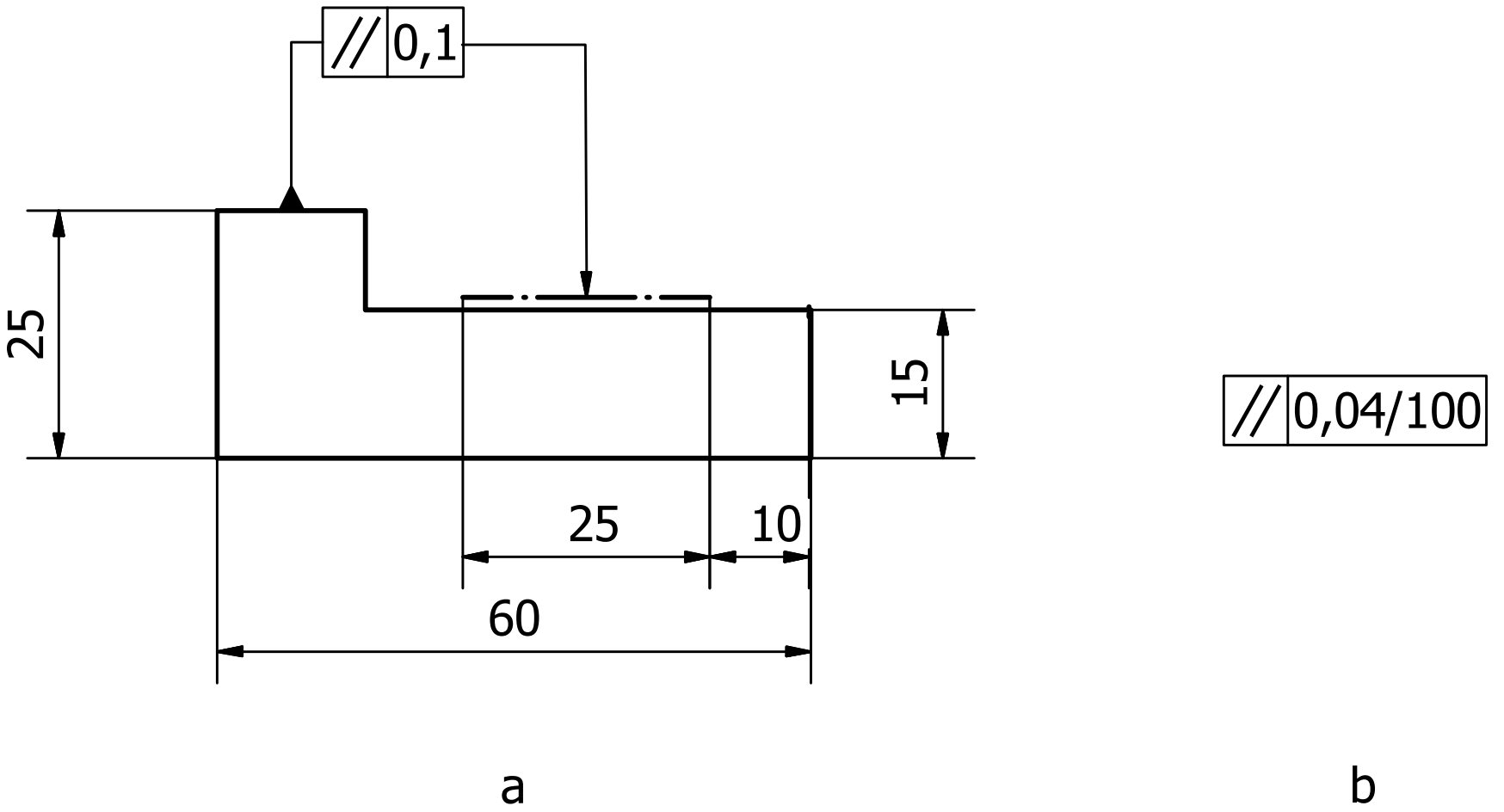
Kuva 13.16 Peruselementti merkitään viitekirjaimella, joka merkitään myös toleranssimerkinnän kolmanteen ruutuun (epäsuora liittäminen).

Toleranssialueen rajoittaminen

Toleranssi voidaan kohdistaa myös niin, että sitä noudatetaan rajoitetulla alueella toleroidun elementin kokonaispituudesta. Tällöin rajoitettu pituus voidaan merkitä toleranssikehykseen toleranssin suuruutta ilmaisevan mittaluvun jälkeen kauttaviivalla erotettuna.

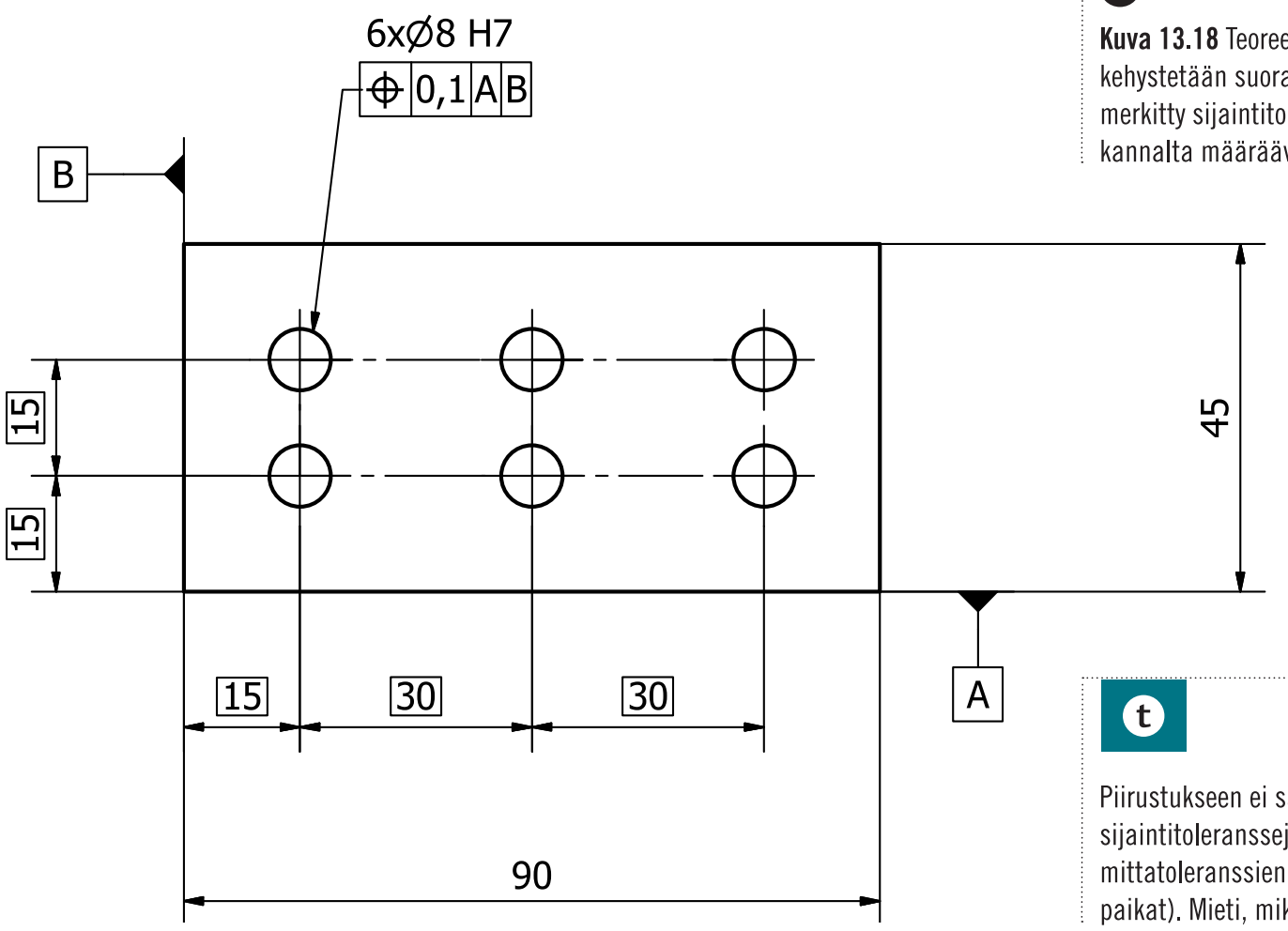
Silloin kun toleranssivaatimus koskee vain määrättyä pituutta tai pinnan osaa, rajaaminen merkitään leveällä pistekatkoviivalla, johon nuolenkärki päätetään. Rajattu pituus mitoitetaan suoraan piirustukseen.

Kuva 13.17 Rajoitetun toleroidun alueen merkintätapoja.



Teoreettisesti oikea mitta

Kun elementille annetaan esimerkiksi paikan sijaintitoleranssi, ei teoreettisille oikeille perusmitoille merkitä mittatoleransseja. Tällöin kyseiset perusmitat kehystetään suorakaiteella ja niiden paikat määräytyvät sijaintitoleranssin perusteella.

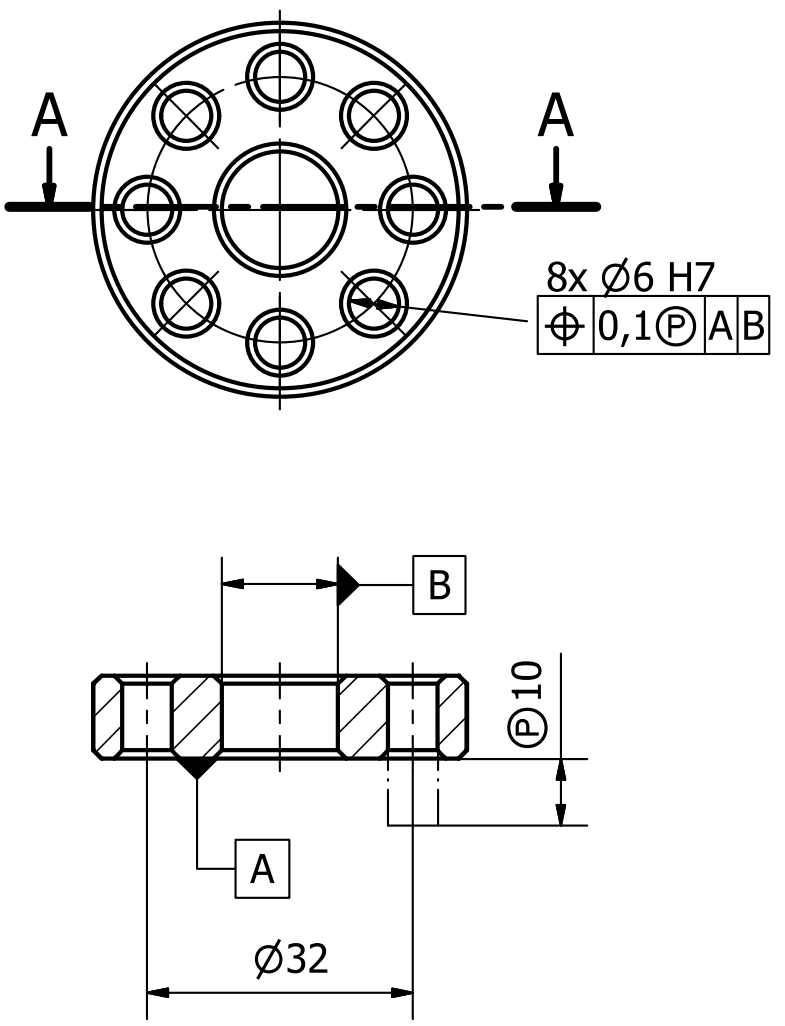


Kuva 13.18 Teoreettisesti oikeat mitat kehystetään suorakaiteella. Piirustukseen merkitty sijaintitoleranssi on valmistuksen kannalta määräävä.

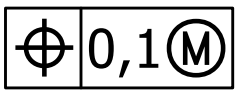
Piirustukseen ei saa merkitä sijaintitoleransseja samanaikaisesti mittatoleranssien kanssa (esim. reikien paikat). Mieti, miksei.

Siirretty toleranssialue

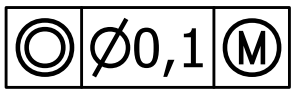
Joissain tapauksissa toleranssia ei aseteta itse elementille vaan sen ulkopuoliselle jatkeelle. Tällöin sitä kutsutaan siirretyksi toleranssialueeksi ja sen tunnus on ympyrän sisään merkitty.



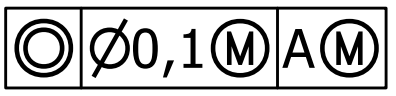
Kuva 13.19 Siirretyn toleranssialueen merkintä.



a



b



c

Kuva 13.20 Menorajan merkitseminen piirustuksiin.

a) Tässä sovelletaan menorajan periaatetta toleroituun elementtiin.

b) Tässä sovelletaan menorajan periaatetta peruselementtiin. Tunnus M on kolmannessa ruudussa. Jos liittäminen on epäsuora, ruutuun lisätään myös peruselementin tunnuskirjain.

c) Tämä merkintä tarkoittaa, että menorajan periaatetta voidaan soveltaa sekä toleroituun- että peruselementtiin.

Menorajan periaate

Menorajan periaatteesta käytetään myös nimitystä maksimimateriaalin raja. Valmistettavien koneenosien kokoonpanomahdollisuus määräytyy yhteen liitettävien elementtien tosimittojen ja muoto- ja sijaintipoikkeamien yhteisvaikutuksesta.

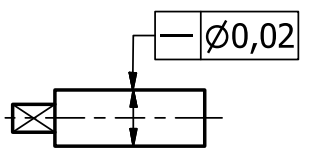
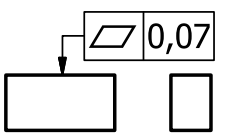
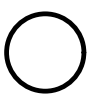
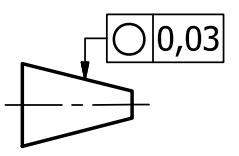
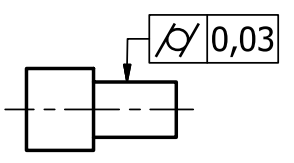
Menorajaksi kutsutaan akselissa ylärajamittaa ja reiässä alarajamittaa. Akselissa, jonka tosimitta on ylärajalla, on siten materiaalia mahdollisimman paljon. Vastaavasti materiaalia on enimmäismäärä reiässä, jonka tosimitta on alarajalla.

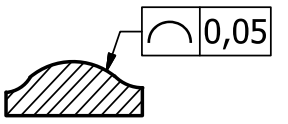
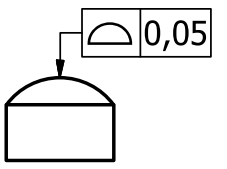
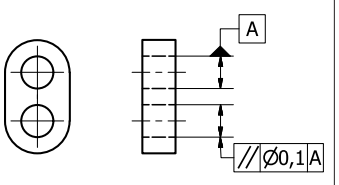
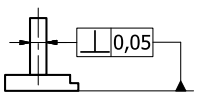
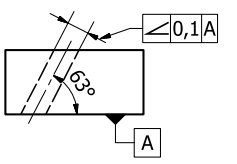
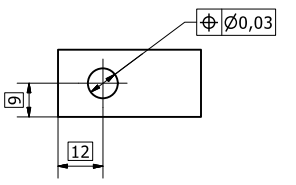
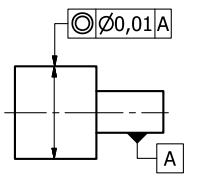
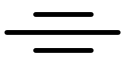
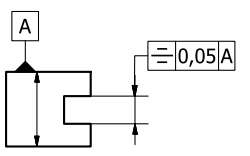
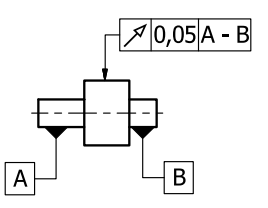
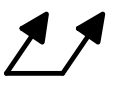
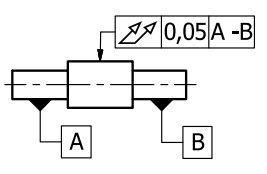
Kokoonpanossa pienin mahdollinen välys on silloin, kun elementit ovat mittatoleranssiensa menorajamitoissa ja muoto- tai sijaintipoikkeamat epäedullisimmillaan sallituissa rajoissa. Vastaavasti välys on sitä suurempi, mitä kauempana elementtien tosimitat ovat menorajamitoistaan ja mitä pienempiä todelliset muoto- tai sijaintipoikkeamat ovat.

Menorajan periaate antaa mahdollisuuden siihen, että yhdessä toimivien elementtien muoto- tai sijaintitoleranssien arvoja voidaan ylittää mitan toleranssialueen käyttämättä jääneen osuuden verran. Tämä osuus on tosimitan ja menorajan välinen osa toleranssialueesta. Kyseinen ylitys kuitenkin edellyttää, että yhteisvaikutus jää toiminnan kannalta hyväksyttäväksi.

Menorajan periaatteen soveltaminen ilmoitetaan ympyrän sisällä olevalla kirjaimella M toleranssikehyksessä. Merkintä sijaitsee eri kohdissa sen mukaan, mitä elementtejä periaate koskee. Yleensä menorajan periaatetta voidaan soveltaa silloin, kun vastaosien elementit eivät liiku toisiinsa nähden. Tällaisia ovat esimerkiksi ruuvit ja liikkumattomat tapit sekä niiden reikäjaot.

Tiivistelmä geometristen toleranssien merkinnöistä ja tulkinnoista

Tunnus ja toleroitu ominaisuus				Merkintä- ja tulkintaesimerkki	
				Merkintä piirustukseen	**Tulkintaesimerkki**
Riippumattomat elementit	Muototoleranssit	Suoruus			Lieriön keskiviivan on oltava lieriön sisällä, jonka halkaisija on 0,02
		Tasomaisuus			Pinnan on oltava kahden yhdensuuntaisen tason välissä, joiden keskinäinen etäisyys on 0,07
		Ympyrämäisyys			Kartion kunkin poikkileikkauksen kehän on oltava kahden samassa tasossa olevan samankeskisen ympyrän välissä, joiden säteittäinen etäisyys on 0,03
		Lieriömäisyys			Lieriön pinnan on oltava kahden sama-akselisen lieriöpinnan välissä, joiden säteittäinen etäisyys on 0,03

Tunnus ja toleroitu ominaisuus				Merkintä- ja tulkintaesimerkki	
				Merkintä piirustukseen	**Tulkintaesimerkki**
Riippumattomat tai riipuvaiset elementit	Muototoleranssit	Tasoviivan muoto			Pinnan jokaisen kuvaustason suuntaisen viivan on oltava kahden rinnakkaisen viivan välissä, joiden keskinäinen etäisyys on 0,05 ja jotka ovat geometrisesti oikeanmuotoisen viivan kummallakin puolella symmetrisesti.
		Pinnan muoto			Pinnan on oltava kahden rinnakkaisen pinnan välissä, joiden keskinäinen etäisyys on 0,05 ja jotka ovat geometrisesti oikeanmuotoisen pinnan kummallakin puolella symmetrisesti.
Riippuvaiset elementit	Suuntatoleranssit	Yhden-suuntaisuus			Toleroidun keskiviivan on oltava lieriön sisällä, jonka halkaisija on 0,1 ja jonka akseli on yhdensuuntainen keskiviivan A (perussuora) kanssa.
		Kohtisuoruus			Toleroidun tapin keskiviivan on oltava kahden yhdensuuntaisen tason välissä, joiden keskinäinen etäisyys on 0,05 ja jotka ovat kohtisuorassa perustasoa vastaan.
		Kulma-asento			Reiän keskiviivan on oltava kahden yhdensuuntaisen tason välissä, joiden keskinäinen etäisyys on 0,1 ja jotka ovat 63° kulmassa tasoa A (perustaso) vastaan.
		Paikka			Reiän keskiviivan on oltava lieriön sisällä, jonka halkaisija on 0,03 ja keskiviivana nimellispaikassa oleva suora.
		Saman-keskisyys ja sama-akselisuus			Toleroidun lieriön keskiviivan on oltava lieriön sisällä, jonka halkaisija on 0,01 ja keskiviivana nimellispaikassa oleva suora.
		Symmetrisyys			Loven symmetriatason on oltava kahden yhdensuuntaisen tason välissä, joiden keskinäinen etäisyys on 0,05 ja jotka ovat symmetrisesti keskitason A (perustaso) suhteen.
	Heittotoleranssit	Heitto			Säteisheitto ei saa olla suurempi kuin 0,05 missään mittaustasossa kappaleen pyörähtäessä täyden kierroksen perusakselin A – B ympäri.
		Kokonaisheitto			Kokonaissäteisheitto ei saa olla suurempi kuin 0,05 missään toleroidulla pinnalla kappaleen pyörähtäessä useita kertoja keskiviivan A – B (perussuora) ympäri ja mittauslaitteen liikkuessa aksiaalisesti kappaleen suhteen. Liikkeen on seurattava teoreettisesti oikeaa pinnanmuotoa ja oltava oikean suuntainen perusakselin suhteen.

harjoituksia

Millainen yhteys on mittatoleranssien ja geometristen toleranssien välillä?

Millainen yhteys on pinnankarheuden ja geometristen toleranssien välillä?

13.3 Geometriset yleistoleranssit

Geometrisista toleransseista on myös yleistoleranssistandardi. Se koskee pääasiassa koneistamalla valmistettavia koneenosia ja tuotteita.

Toleranssiluokkia on kolme: H, K ja L. Tarkin on luokka H ja epätarkin luokka L.

Piirustukseen merkintä tehdään esimerkiksi seuraavasti: SFS-EN 22768-2 mK.

Tunnus m on pituus- ja kulmamittojen yleistoleranssi ja tunnus K geometristen toleranssien keskimmäinen toleranssiluokka.

Jos tunnus m jätetään pois, sovelletaan ainoastaan geometristä yleistoleranssia K.

Seuraavassa ovat geometristen toleranssien yleistoleranssitaulukot.

Kuva 13.21 Suoruuden ja tasomaisuuden geometriset yleistoleranssit

Kun toleranssi otetaan taulukosta, se valitaan suoruuden osalta vastaavan viivan pituuden perusteella ja tasomaisuuden osalta pinnan pidemmän vaakasuoran sivun tai ympyrämäisen pinnan halkaisijan perusteella.

Toleranssi-luokka	Suoruus- ja tasomaisuustoleranssit nimellispituudella					
	≤ 10	>10 ≤ 30	> 30 ≤ 100	> 100 ≤ 300	> 300 ≤ 1000	> 1000 ≤ 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

Kuva 13.22 Symmetrisyyden geometriset yleistoleranssit.

Pitempi kahdesta elementistä on valittava peruselementiksi. Jos elementtien pituus on sama, kumpi tahansa voidaan valita peruselementiksi.

Toleranssi-luokka	Symmetrisyystoleranssit nimellispituusalueilla			
	≤ 100	>100 ≤ 300	> 300 ≤ 1000	1000 ≤ 3000
H	0,5	0,5	0,5	0,5
K	0,6	0,6	0,8	1,0
L	0,6	1,0	1,5	2,0

Toleranssi-luokka	Kohtisuoruustoleranssit lyhyemmän sivun nimellispituusalueella			
	≤ 100	>100 ≤ 300	> 300 ≤ 1000	1000 ≤ 3000
H	0,2	0,3	0,4	0,5
K	0,4	0,6	0,8	1,0
L	0,6	1,0	1,5	2,0

Kuva 13.23 Kohtisuoruuden geometriset yleistoleranssit.

Pitempi suoran kulman muodostavista sivuista on valittava peruselementiksi. Jos sivut ovat samanpituisia, kumpi tahansa voidaan valita peruselementiksi.

Toleranssiluokka	Heittotoleranssi
H	0,1
K	0,2
L	0,5

Kuva 13.24 Heiton geometriset yleistoleranssit.

Peruselementiksi on valittava tukipinnat, jos niissä on vastaava merkintä. Muussa tapauksessa on säteisheiton tapauksessa peruselementiksi valittava pitempi kahdesta elementistä. Jos elementit ovat samanpituisia, kumpi tahansa voidaan valita peruselementiksi.

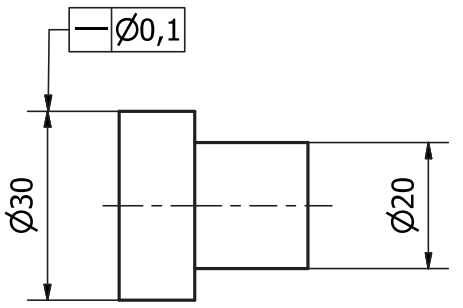
Toleranssiluokka	Ympyrämäisyystoleranssi
H	0,1
K	0,2
L	0,5

Kuva 13.25 Ympyrämäisyyden geometriset yleistoleranssit.

Ympyrämäisyyden yleistoleranssin arvo on sama kuin halkaisijan toleranssiarvo. Se ei kuitenkaan saa missään tapauksessa olla suurempi kuin taulukon vastaava ympyrän säteen heittotoleranssi.

1. Selvitä, mitä seuraaviin kuviin merkittyjen geometristen toleranssien eri osat tarkoittavat.

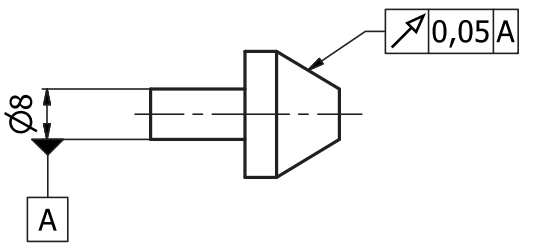
a) Kuva esittää työstettyä lieriömäistä olakeakselia.



⌖

Ø0,1

b) Kuva esittää työstettyä lieriömäistä olakeakselia, jonka toisessa päässä on kartio.



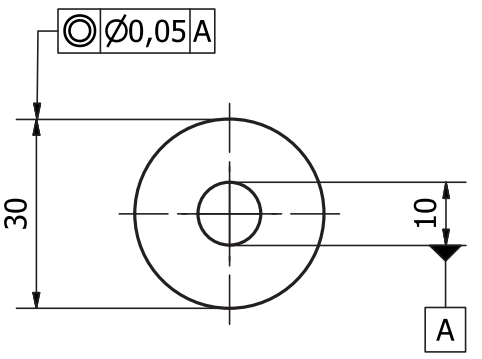
⌭

0,05

A

A

c) Kuva esittää työstettyä pyöreää laattaa.



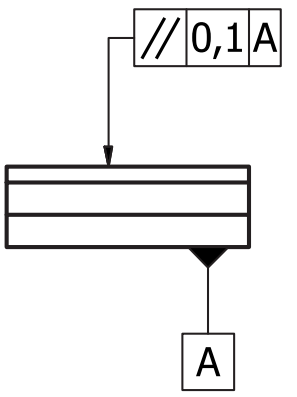
◎

⌀0,05

A

A

d) Kuva esittää työstettyä johdetta.



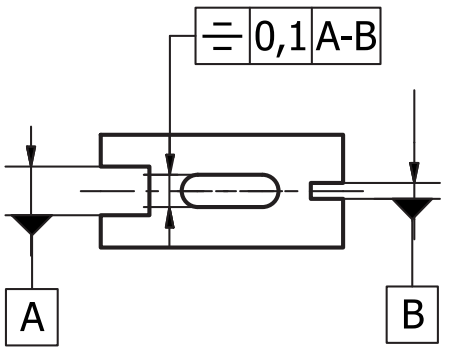
//

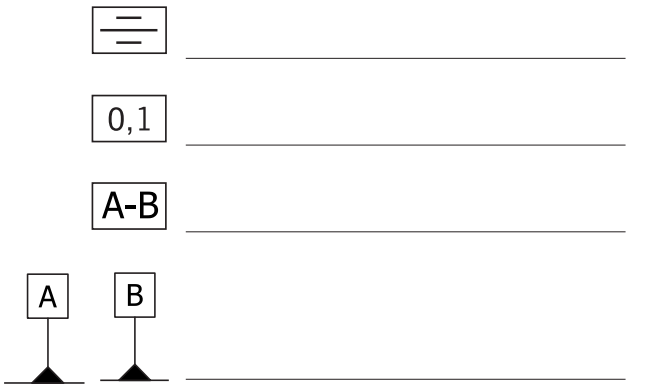
0,1

A

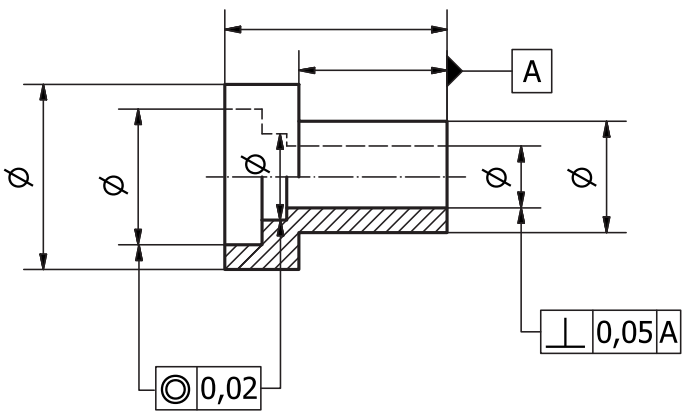
A

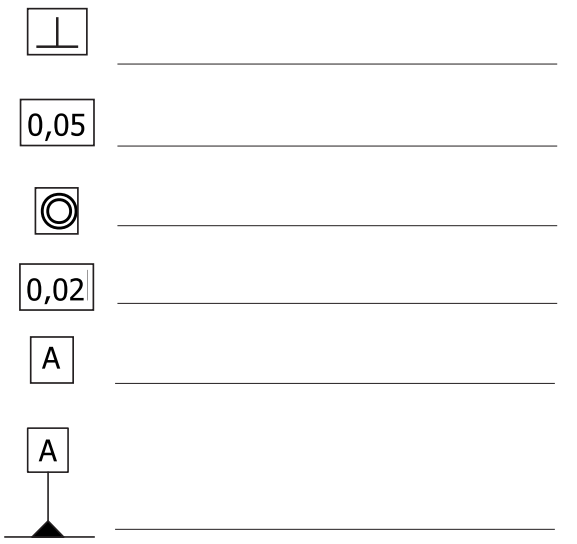
e) Kuva esittää työstettyä liitoskappaletta.



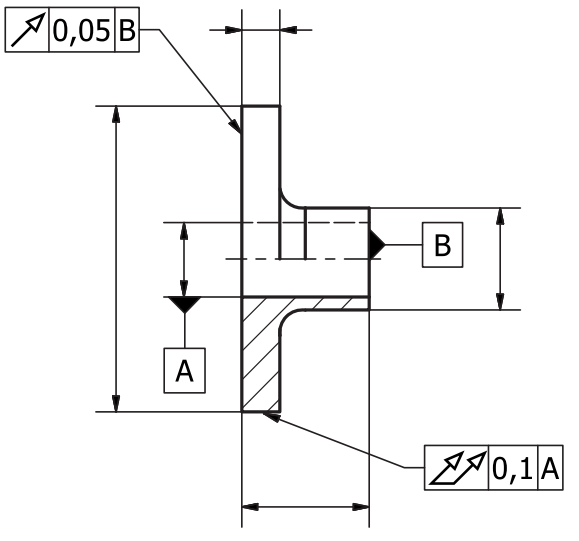


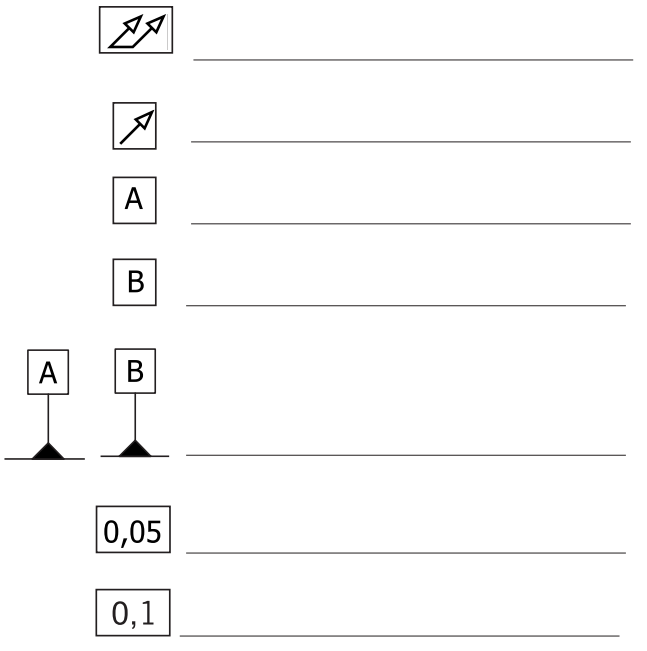
f) Kuva esittää työstettyä ohjausholkkia.



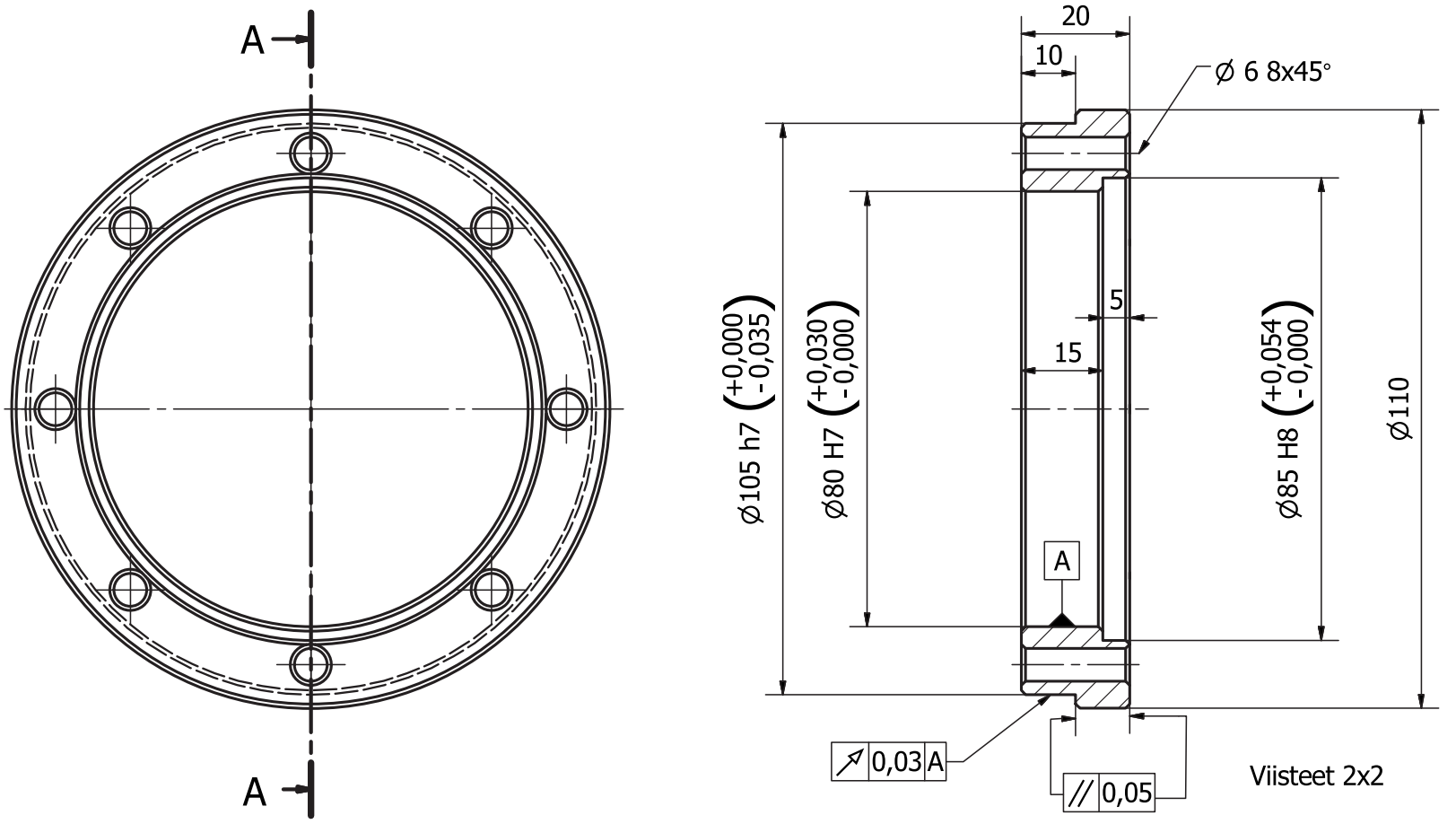


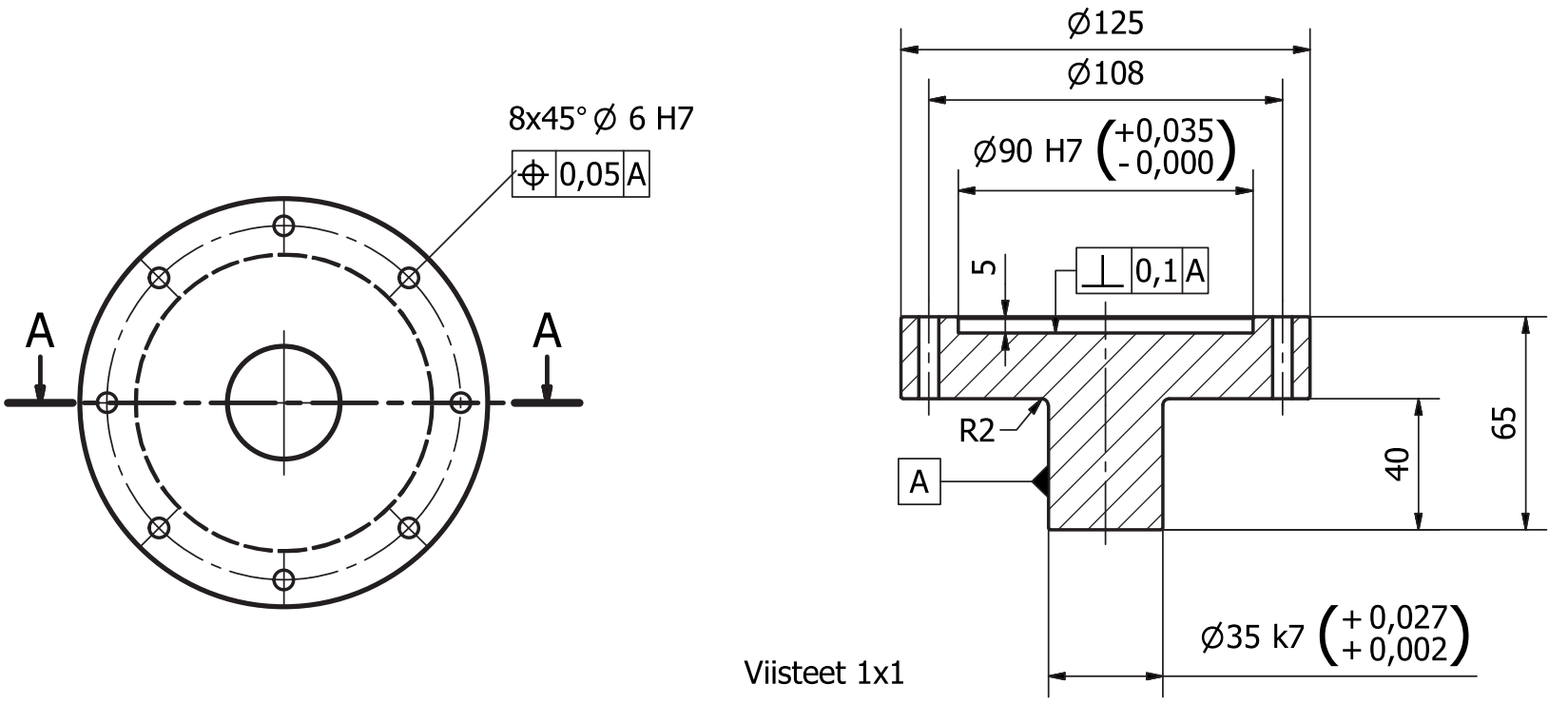
g) Kuva esittää työstettyä lieriömäistä vaippaa.





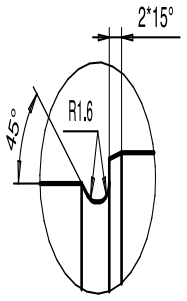
2. Tulkitse oheisesta piirustuksesta siihen merkityt geometriset toleranssit.



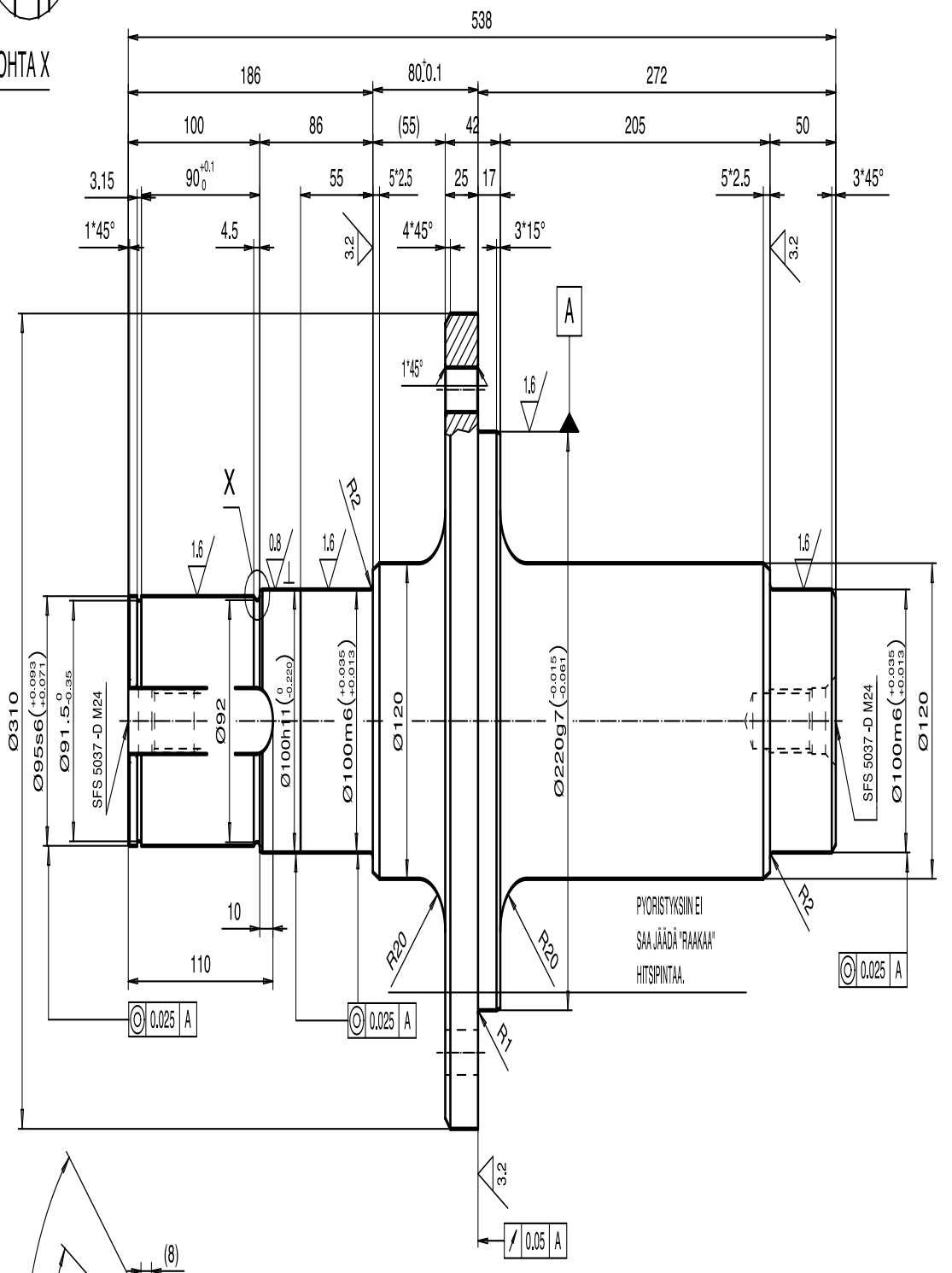


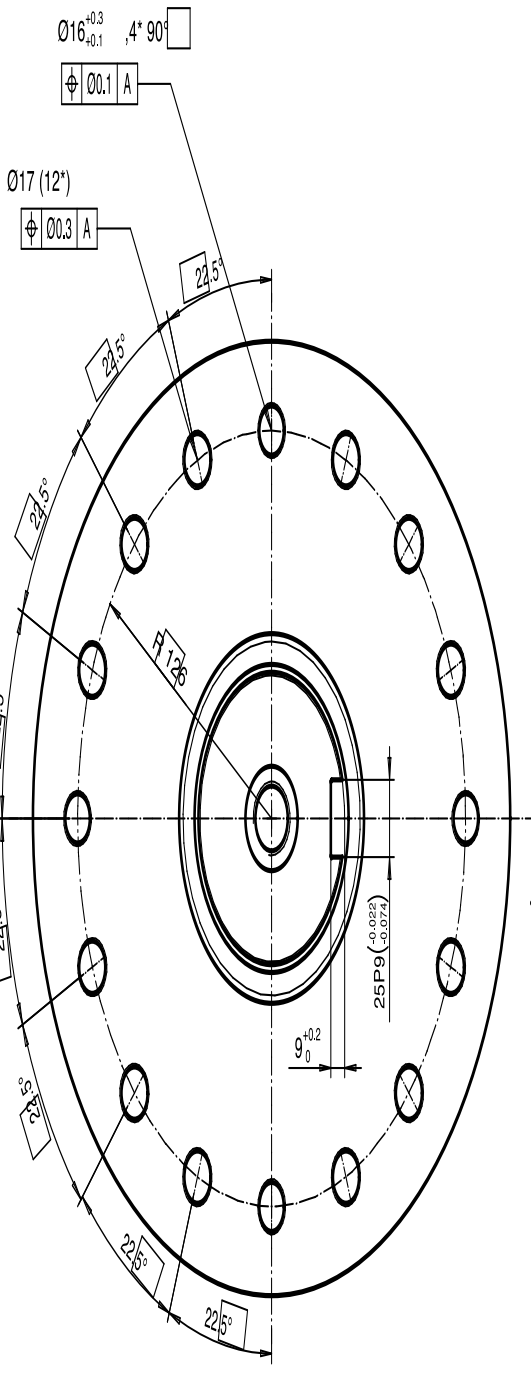
3. Tulkitse oheisesta piirustuksesta siihen merkityt geometriset toleranssit.

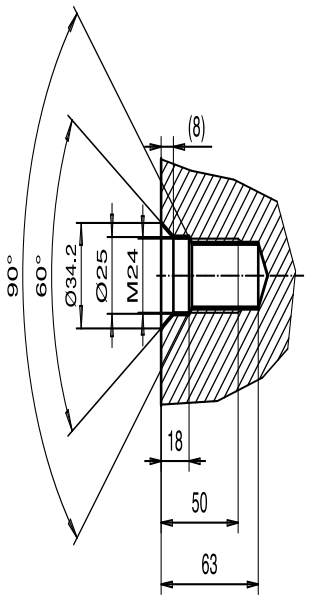
4. Tulkitse seuraavalla sivulla olevasta toisioakselin piirustuksesta siihen merkityt geometriset toleranssit.
(Piirustus ei ole kaikilta osin nykystandardien mukainen.)



KOHTA X



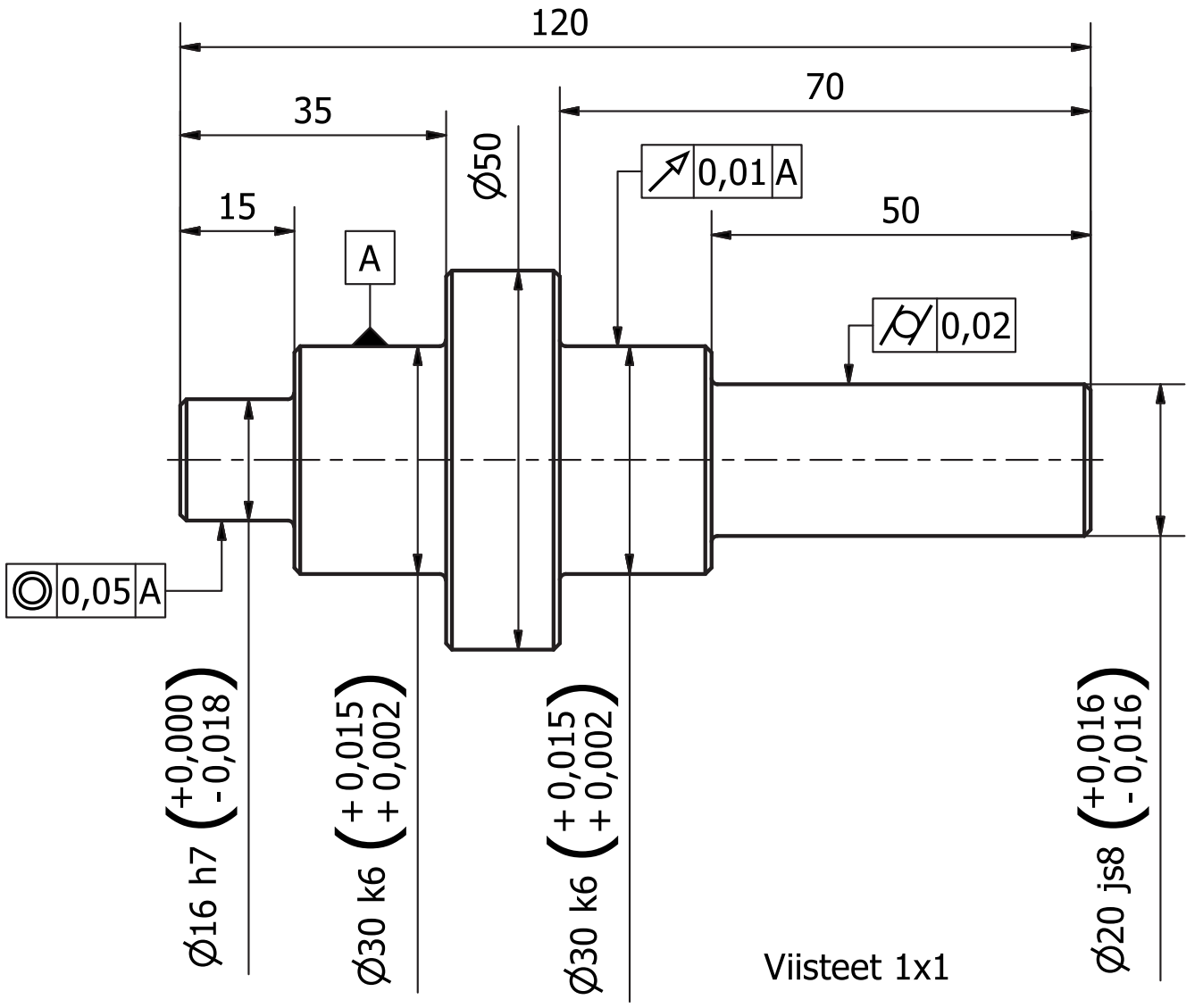




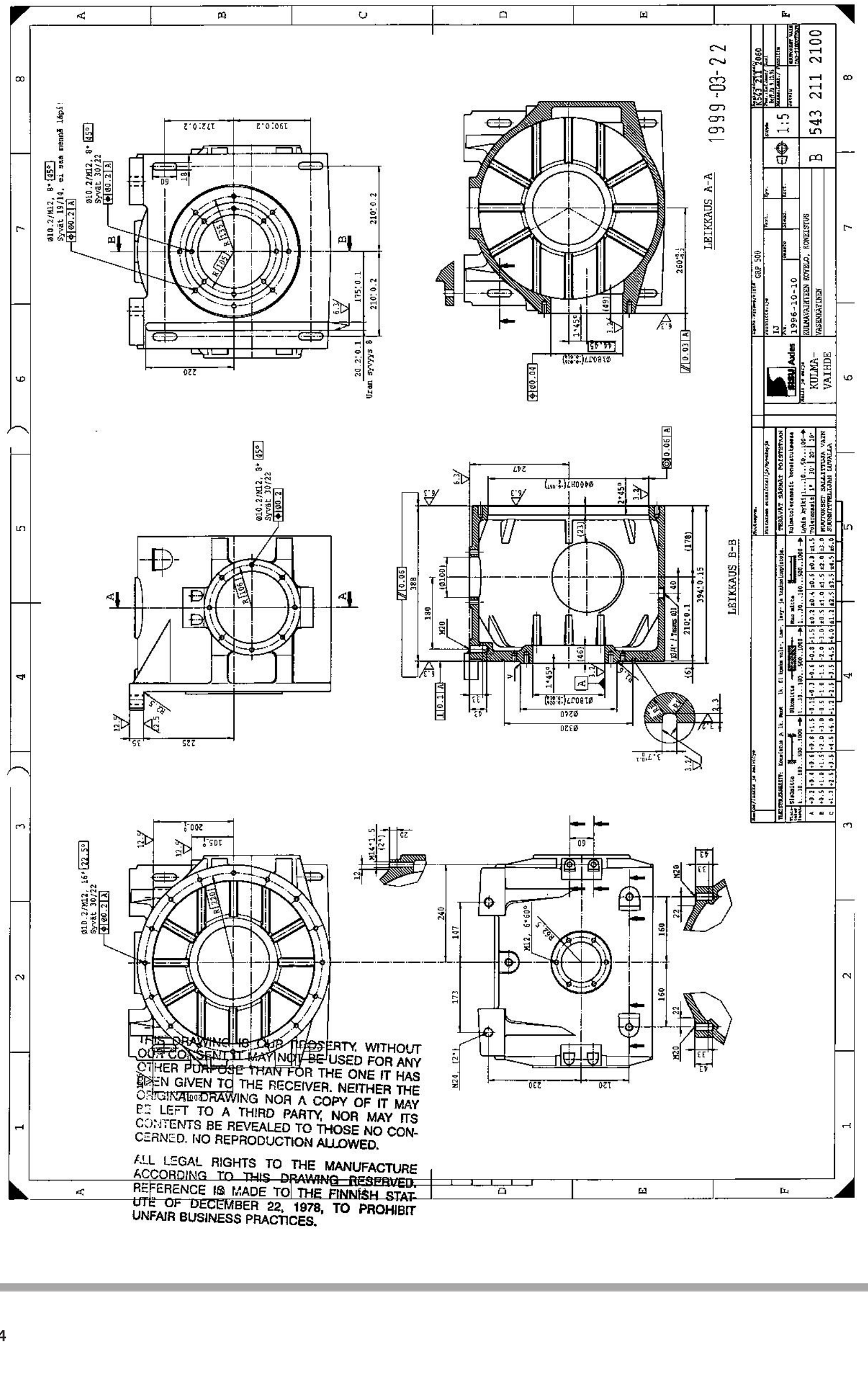
KIERTEELLINEN KESKIÖPORAUS
SFS 5037 -D M24
AKSELIN MOLEMMISSA PÄISSÄ

12.5 (0.8 1.6 3.2)

| | | |

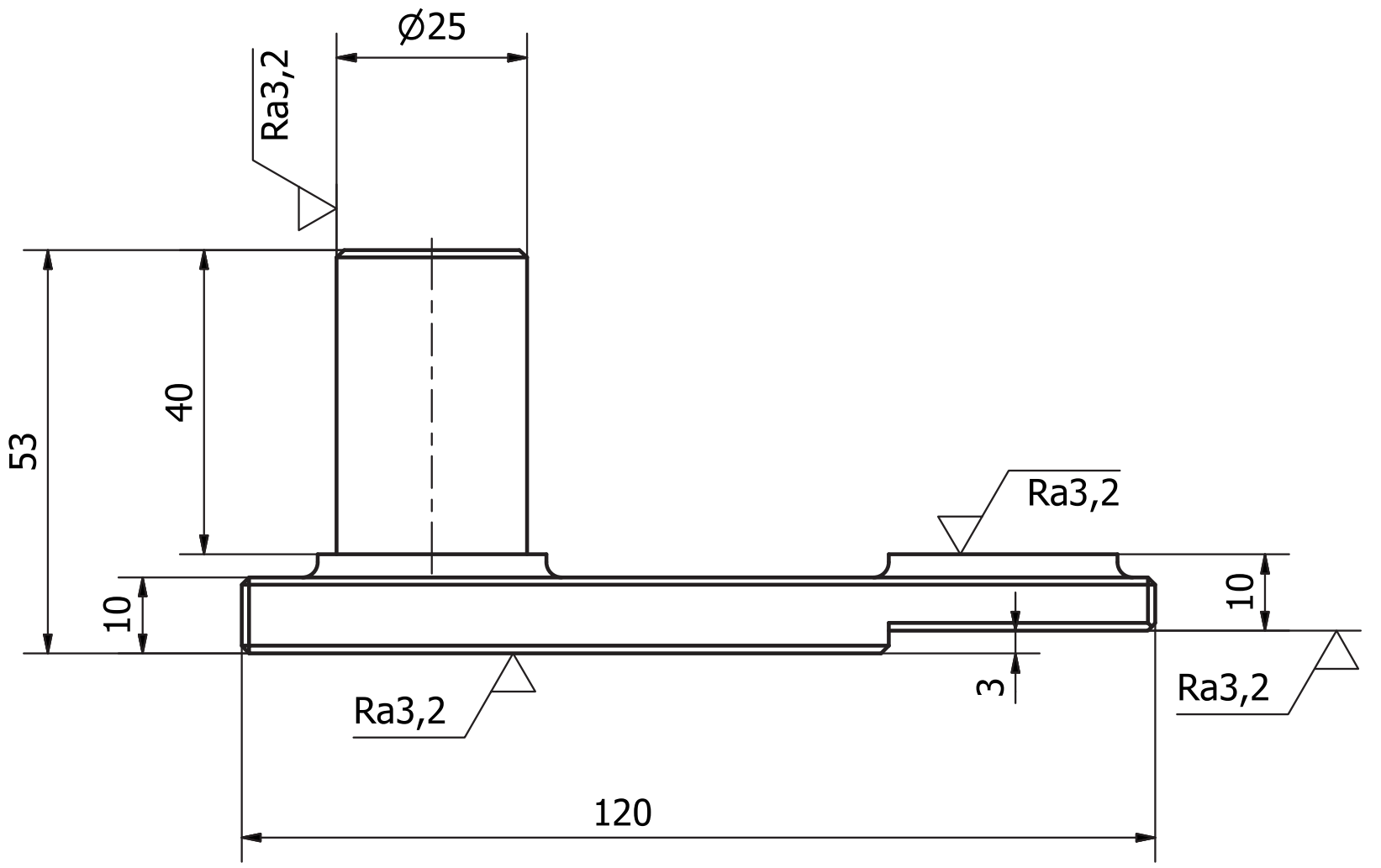


5. Tulkitse oheisesta piirustuksesta siihen merkityt geometriset toleranssit.


LEIKKAUS A-A
LEIKKAUS B-B
1999-03-22
B 543 211 2100
KULMA-VAIHDE
KULMAVAIHTEEN KOTELO, KONEISTUS
VASENKÄTINEN
1996-10-10
LJ
GRP 500
1:5
R543 211 2060
THIS DRAWING IS OUR PROPERTY. WITHOUT OUR CONSENT IT MAY NOT BE USED FOR ANY OTHER PURPOSE THAN FOR THE ONE IT HAS BEEN GIVEN TO THE RECEIVER. NEITHER THE ORIGINAL DRAWING NOR A COPY OF IT MAY BE LEFT TO A THIRD PARTY, NOR MAY ITS CONTENTS BE REVEALED TO THOSE NO CONCERNED. NO REPRODUCTION ALLOWED.
ALL LEGAL RIGHTS TO THE MANUFACTURE ACCORDING TO THIS DRAWING RESERVED. REFERENCE IS MADE TO THE FINNISH STATUTE OF DECEMBER 22, 1978, TO PROHIBIT UNFAIR BUSINESS PRACTICES.

6. Tulkitse edellisellä sivulla olevasta Kulmavaihteen kotelon piirustuksesta siihen merkityt geometriset toleranssit. (Piirustus ei ole kaikilta osin nykystandardien mukainen.)

7. Täydennä alla olevaa piirustusta merkitsemällä siihen seuraavat geometriset toleranssit:
   - Akselin halkaisijan ∅25 keskiviivan kohtisuoruuden on oltava 0,1 mm:n sisällä alustan alapintaan nähden.
   - Akselin halkaisijan ∅25 lieriömäisyyden on oltava 0,05 mm:n sisällä.
   - Alustan yläpinnan on oltava yhdensuuntainen 0,2 mm:n sisällä alustan alapinnan kanssa.



Viisteet 2x2

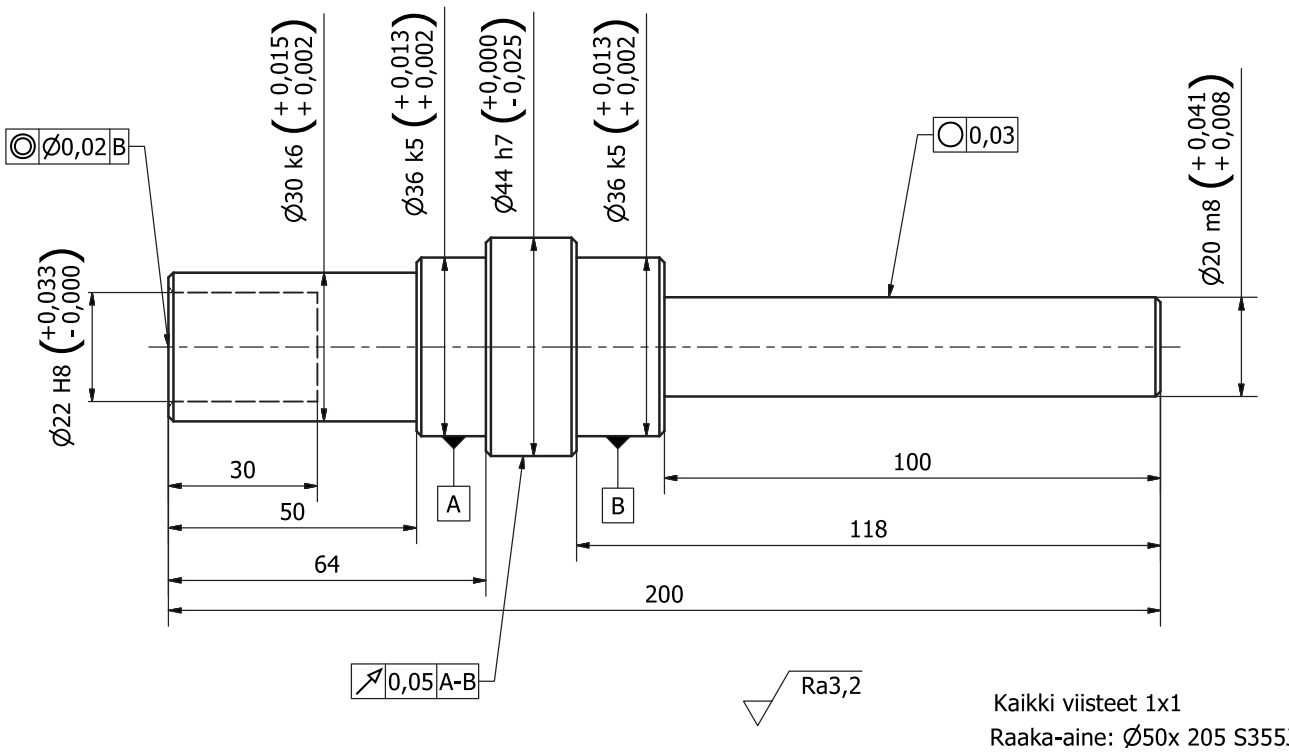
1. Sorvaa työpajalla oheisen piirustuksen mukainen akseli, jonka kummassakin päässä on keskiöreikä. (Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää jo valmiiksi sorvattua akselia.)

a) Mittaa akselista kaikki seuraavat merkityt geometriset toleranssit:
– samankeskisyys

– lieriömäisyys

– heitto

b) Arvioi, täyttääkö akseli sille asetetut geometriset toleranssivaatimukset.



Kaikki viisteet 1x1
Raaka-aine: Ø50x 205 S355J2G3

Geometrisiin toleransseihin liittyviä standardeja

- **SFS-KÄSIKIRJA 20** Toleranssit ja pinnankarheus. Osa 1: ISO-toleranssit ja geometriset toleranssit
- **SFS-KÄSIKIRJA 20** Toleranssit ja pinnankarheus. Osa 2: Työtapakohtaiset toleranssit ja toleranssien ja pinnankarheuden piirustusmerkinnät
- **SFS-ISO 7083** Tekniset piirustukset. Geometrisen toleroinnin tunnukset. Mittasuhteet ja mitat
- **SFS 4910** Geometriset toleranssit. Muoto-, suunta-, sijainti- ja heittotoleranssien mittausperiaatteet ja -menetelmät. Yleisohjeet
- **SFS-EN ISO 5458** Geometrinen tuotemäärittely (GPS). Geometrinen tolerointi. Paikkatolerointi
- **SFS-EN ISO 1101** Geometrinen tuotemäärittely (GPS). Geometriset toleranssit. Muodon, suunnan, sijainnin ja heiton toleranssit
- **SFS-EN 22768-2** Yleistoleranssit. Osa 2: Ilman toleranssimerkintää olevien elementtien geometriset toleranssit
- **SFS-EN ISO 13920** Hitsaus. Hitsattuja rakenteita koskevat yleistoleranssit. Pituus- ja kulmamitat. Muoto ja sijainti

14

Pintamerkit ja pinnankarheus

14.1 Kappaleen pinnan profiili

Koneenosien pinnankarheuksia kohtaan asetetaan niiden käyttötarkoitusten pohjalta erilaisia laatuvaatimuksia. Esimerkiksi liukulaakeriholkkien on oltava pinnaltaan erittäin tasaisia ja sileitä, kun taas monessa koneen osassa pinnan karheudella ei ole merkitystä. Joskus karhea pinta on jopa tarkoituksenmukaisempi kuin sileä. Pinnan laatu vaikuttaa kuitenkin esimerkiksi akselien lujuuteen, minkä vuoksi akselien olakkeiden sisäpyöristykset usein kiillotetaan.

Eri valmistusmenetelmät jättävät kappaleen pintaan erilaisia epätasaisuuksia, samoin erilaiset työstöarvot.

Pinnankarheuden käsitteet on standardoitu. Seuraavassa esitetään niistä muutamia:

Pinnan peruskäsitteitä

TODELLINEN PINTA
kappaleen rajapinta, joka erottaa sen ulkopuolisesta tilasta.

PINNAN GEOMETRINEN PROFIILI (PROFIILIKÄYRÄ)
kappaleen geometrisen pinnan ja tason leikkaus (leikkauskäyrä).

PROFIILIN MAKSIHUIPUNKORKEUS R_p
profiilin korkeimman pisteen etäisyys keskiviivasta mittausjaksolla.

PROFIILIN MAKSIMILAAKSONSYVYYS R_v
profiilin alimman pisteen etäisyys keskiviivasta mittausjaksolla.

PROFIILIN HUIPPUVIIVA
keskiviivan suuntainen viiva, joka sivuaa profiilin korkeinta pistettä mittausjaksolla.

PROFIILIN LAAKSOVIIVA
keskiviivan suuntainen viiva, joka sivuaa profiilin alinta pistettä mittausjaksolla.

PROFIILISYVYYS R_z
profiilin huippuviivan ja profiilin laaksoviivan välinen etäisyys mittausjaksolla. (Profiilisyvyyden mittayksikkö on µm.)

PROFIILILIN (ARITMEETTINEN) KESKIPOIKKEAMA R_a
profiilipoikkeamien absoluuttisten arvojen aritmeettinen keskiarvo mittausjaksolla. (Profiilin keskipoikkeaman mittayksikkö on µm.)

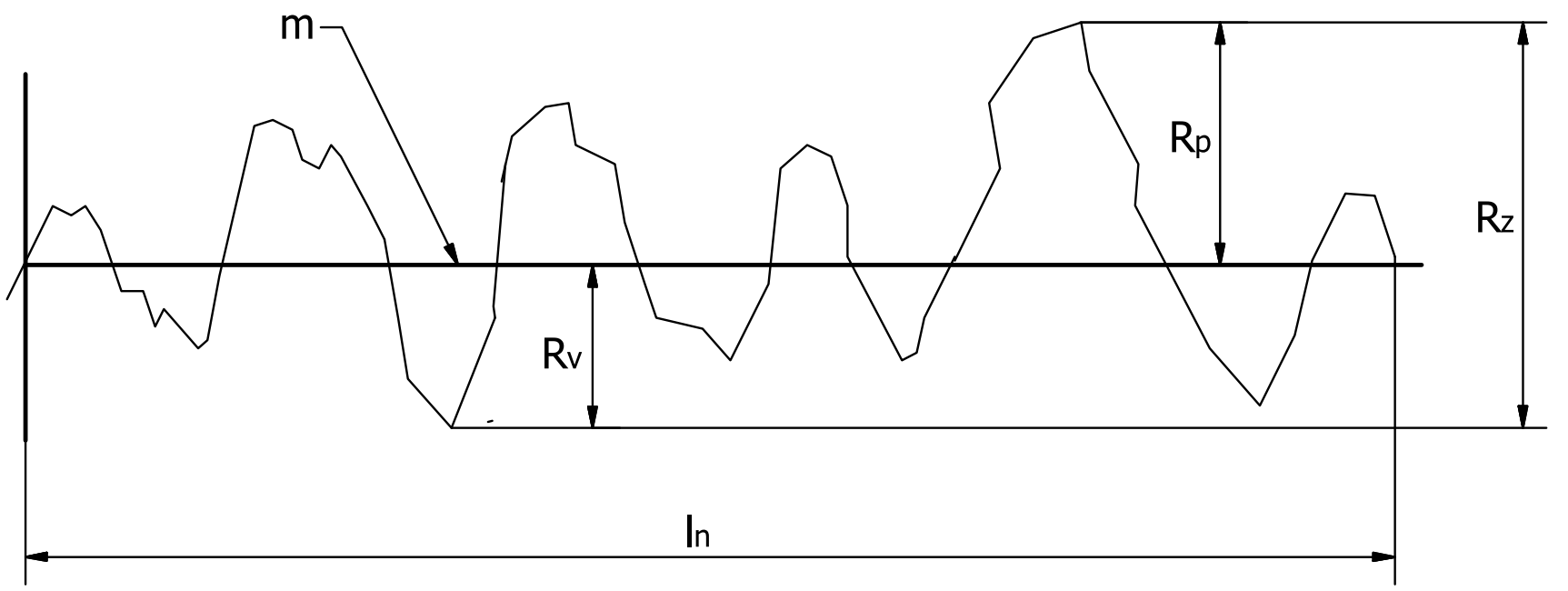
PROFIILIN (PIENIMMÄN NELIÖSUMMAN) KESKIVIIVA m
perusviiva, jolla on geometrisen profiilin muoto ja jakaa profiilin siten, että siitä mitattujen profiilin poikkeamien neliöiden summa on mittausjakson pituudella pienin mahdollinen.

MITTAUSJAKSO l
perusviivan pituus, jota käytetään pinnankarheutta kuvaavien epätasaisuuksien määrittämiseen.

MITTAUSPITUUS l_n
pituus, jolta pinnankarheusarvot mitataan. Se voi sisältää yhden tai useampia mittausjaksoja.

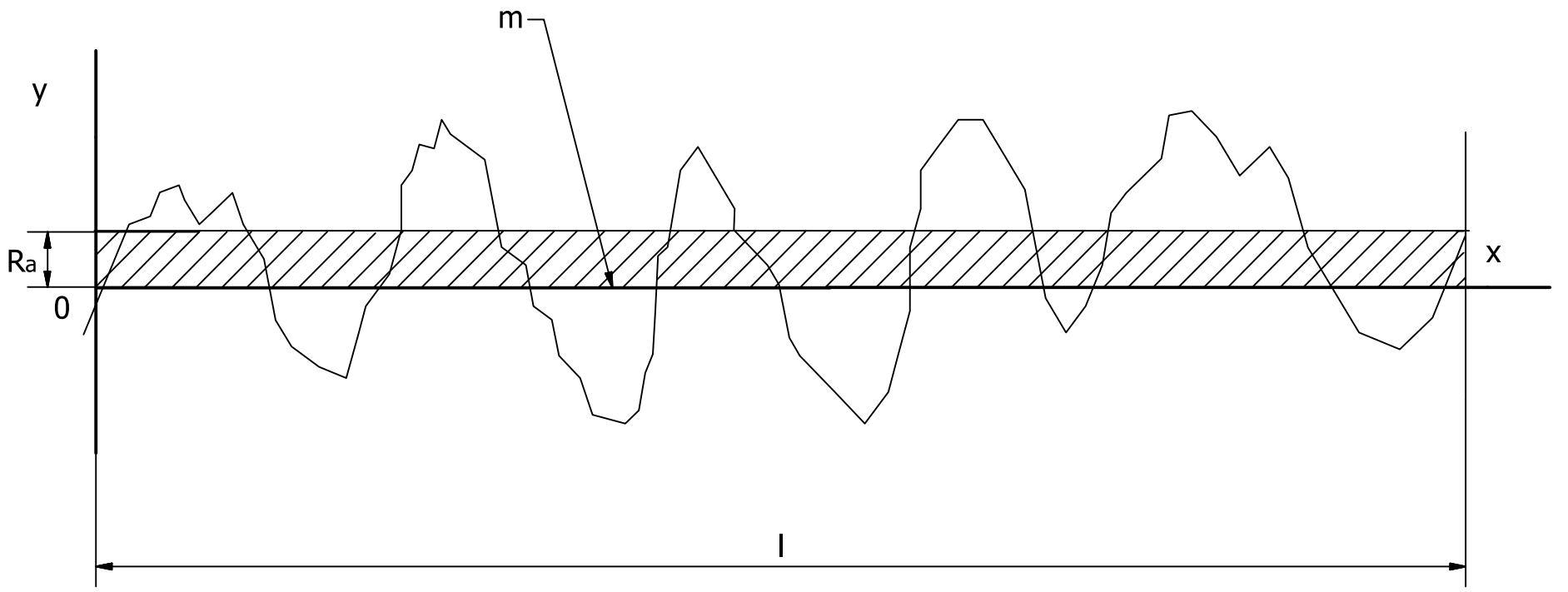
Tarpeettomasti kiillotettu pinta tulee valmistuskustannuksiltaan turhan kalliiksi.

R_z = profiilisyvyys
R_p = profiilin huipunkorkeus
R_v = profiilin laaksonsyvyys
m = profiilin keskiviiva
l_n = mittauspituus



$$R_z = R_p + R_v$$

Kuva 14.1 Pinnan todellinen profiili suurennettuna.



Kuva 14.2 Profiilin (aritmeettinen) keskipoikkeama R_a.

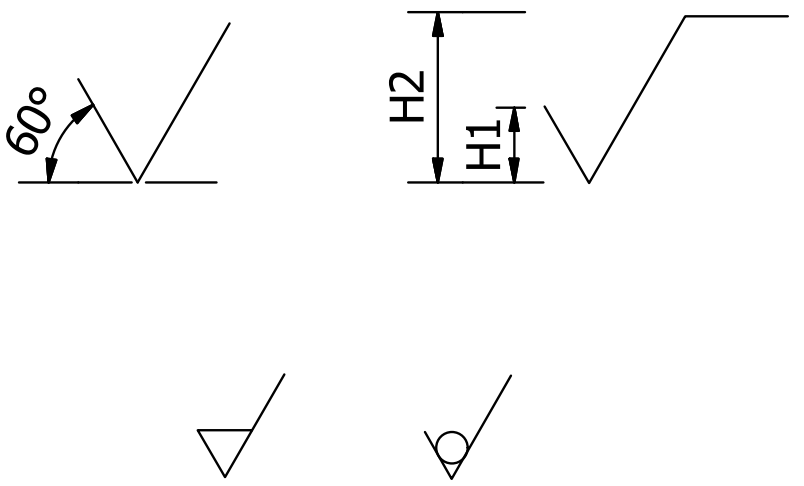
14.2 Perusmerkit ja lisämerkit

Piirustuksissa pinnan laatu ilmoitetaan pintamerkkien avulla. Pintamerkki muodostuu perusmerkistä ja siihen liitettävistä lisämerkeistä.

Pintamerkki sijoitetaan piirustuksessa ensisijaisesti sille muotoviivalle, jota se koskee. Merkin kärki osoittaa kyseistä pintaa.

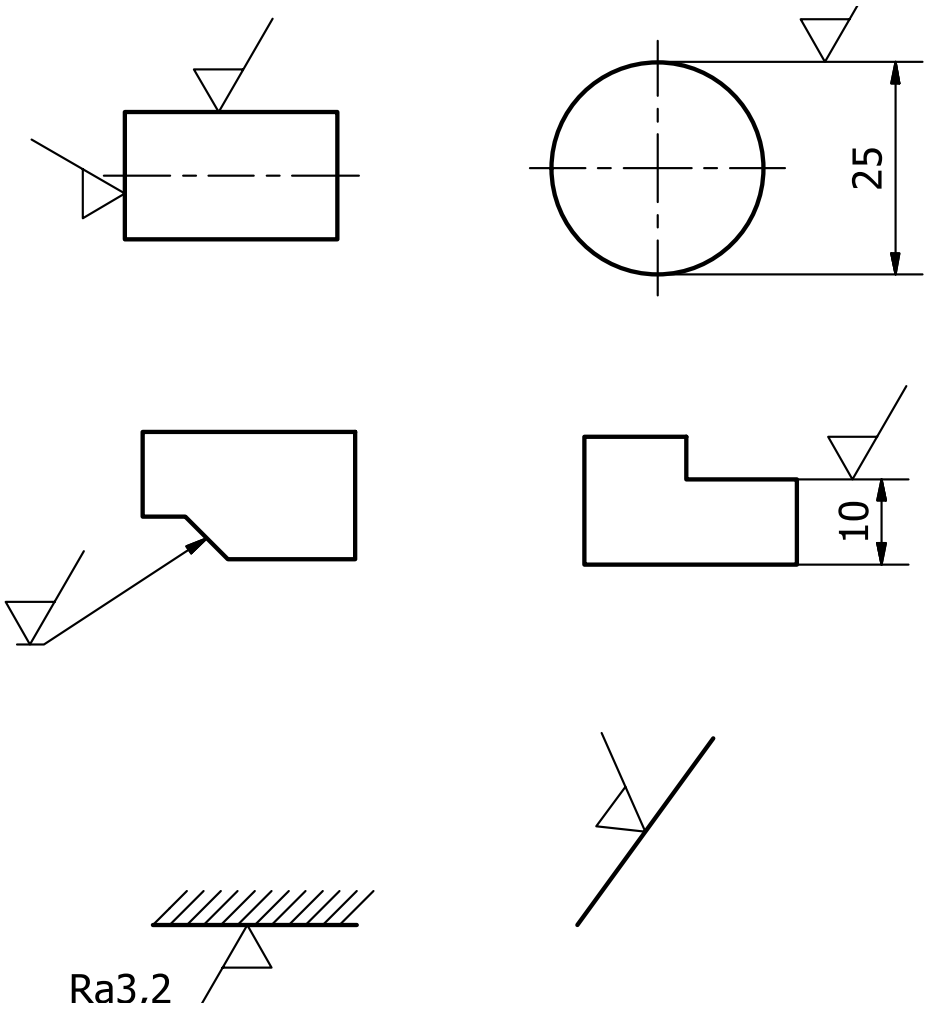
Pintamerkin asento pyritään saamaan sellaiseksi, että kärki osoittaa alas tai oikealle. Pintamerkki voidaan sijoittaa myös mitta-apuviivalle (mitansiirtoviivalle) tai muotoviivan jatkeelle. Lieriömäisessä kappaleessa pintamerkki merkitään ainoastaan yhdelle lieriöpinnalle.

Poikkeustapauksessa pintamerkki voidaan yhdistää asianomaiseen pintaan myös viiteviivan avulla. Jos pintamerkki joudutaan sijoittamaan ylösalaisin, siihen ei saa liittää muita merkintöjä kuin Ra-arvo.

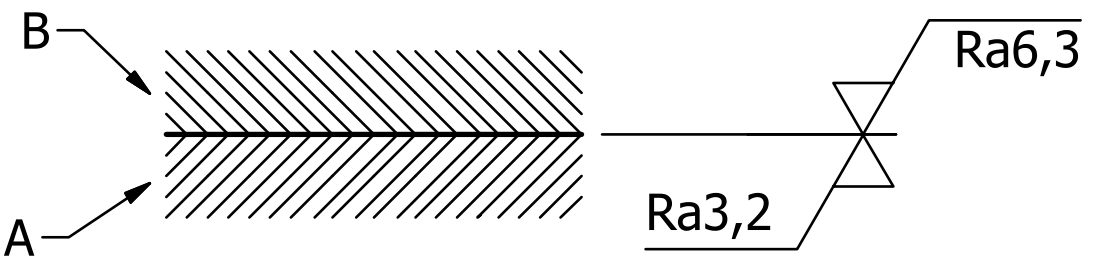


Kuva 14.3 Pinnankarheuden perusmerkit ja niiden mittasuhteet. Oikeanpuoleista ”juurimerkkiä” käytetään, kun pintamerkkiin liitetään joitain lisävaatimuksia.

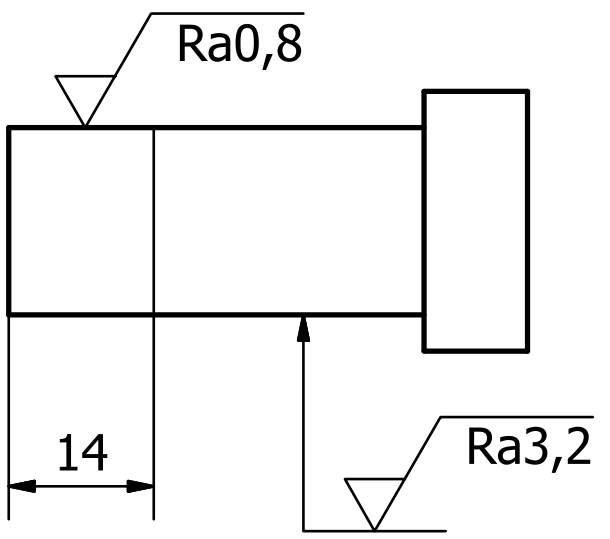
Kuva 14.4 Vasemmanpuoleinen pintamerkki tarkoittaa, että pinta valmistetaan lastuavalla työstöllä. Oikeanpuoleinen pintamerkki taas tarkoittaa, ettei aineen poistoa sallita.



Kuva 14.5 Pintamerkin kohdistaminen kappaleeseen.



Kuva 14.6 Pintamerkin kärki osoittaa sitä pintaa, jota se tarkoittaa. Kuvassa Ra6,3 tarkoittaa osan A pintaa ja Ra3,2 osan B pintaa.



Kuva 14.7 Jos pinnankarheus vaihtuu kohdassa jossa ei ole muotoviivaa, tämä pinnan osa on mitoittettava erikseen esimerkiksi kuvassa esitetyllä tavalla.

Perusmerkkiin voidaan lisätä lisämerkkejä, joilla osoitetaan lisävaatimukset pinnan laatua kohtaan.

Täydellisimmillään pintamerkki sisältää seuraavat tiedot:

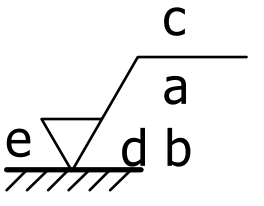
Paikka a pinnankarheuden Ra-arvo [µm] tai Rz-arvo [µm]. Tässä voidaan ilmoittaa myös mittausjakson pituus [mm].

Paikka b tieto siitä, että pinnan ominaisuuksia koskevia vaatimuksia on kaksi tai useampia. Ensin täytetään kohta a ja sen jälkeen esimerkiksi toinen vaatimus kohtaan b.

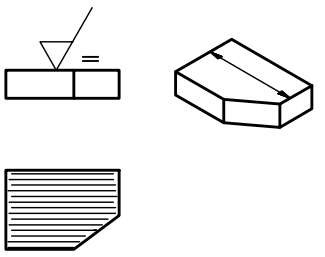
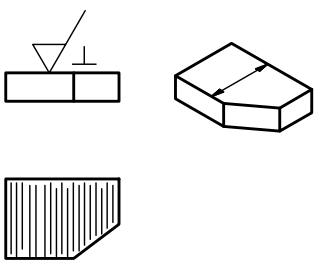
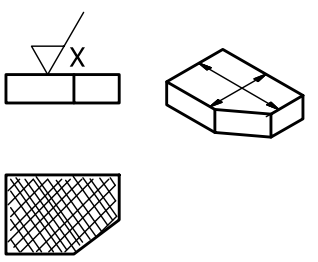
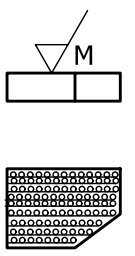
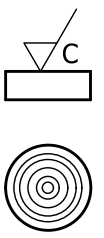
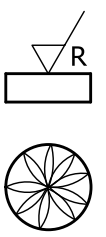
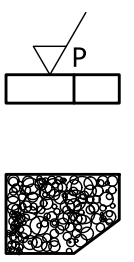
Paikka c valmistus, käsittely tai pinnoitusmenetelmä, esimerkiksi ”sorvattu”, ”jyrsitty”, ”hiottu”, ”kaavattu” tai ”kromattu”

Paikka d pintakuvio ja työstönaarmujen suunta

Paikka e työvara [mm].



Kuva 14.8 Täydentävien tietojen sijoittaminen pintamerkkiin.

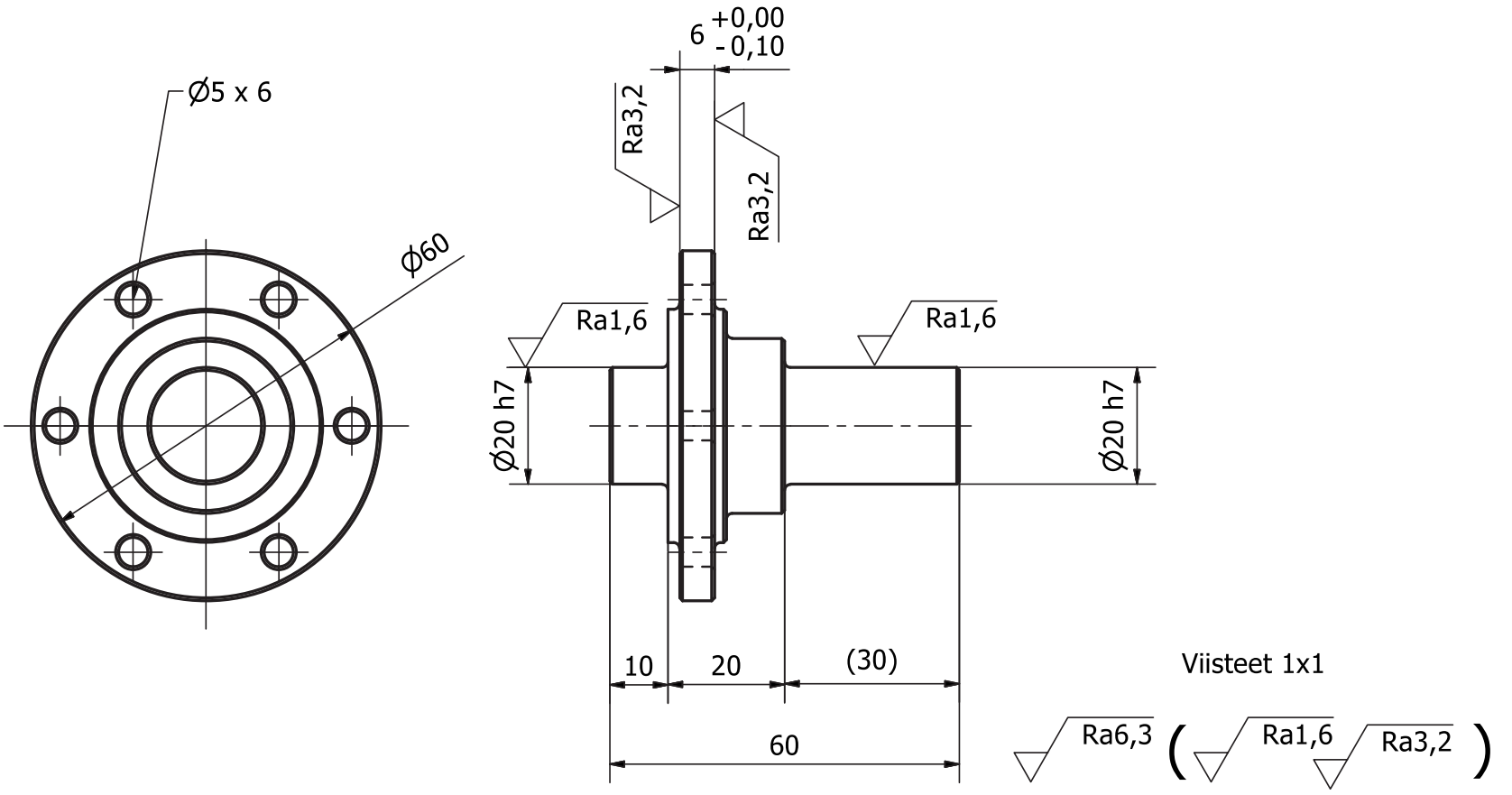
Tunnus	Kuva ja merkintäesimerkki	Työstönaarmujen suunta työkappaleessa	Pinnankarheuden mittaussuunta
=		Naarmutovat yhdensuuntaisia piirustuksen sen viivan kanssa, johon pintamerkki on piirretty.	Kohtisuora työstönaarmuja vastaan
⊥		Naarmut ovat kohtisuoraan piirustuksen sitä viivaa vastaan, johon pintamerkki on piirretty.	Kohtisuora työstönaarmuja vastaan
X		Naarmut ovat ristikkäisesti piirustuksen siihen viivaan nähden, johon pintamerkki on piirretty.	Työstönaarmujen muodostamien kulmien puolittajan suunta
M		Naarmut ovat monisuuntaisia.	Mielivaltainen
C		Naarmut ovat suunnilleen ympyrämäisesti pinnan keskipisteen suhteen.	Säteiden suuntainen
R		Naarmut ovat suunnilleen säteittäisesti pinnan keskipisteen suhteen.	Kohtisuora säteitä vastaan
P		Naarmut ovat pistemäisiä, joten suunta ei ole määriteltävissä.	Mielivaltainen

Kuva 14.9 Työstönaarmujen suunta. Työstönaarmujen suunta määräytyy yleensä käytetyn valmistunmenetelmän mukaan.

Yleispintamerkki

Jos vaatimukset pinnan laatua kohtaan ovat kappaleen kaikkien pintojen osalta samat, voidaan käyttää yleispintamerkkiä. Se sijoitetaan piirustuksessa kyseisen kappaleen kuvannon viereen ja piirretään vähän suurempana. Jos piirustus esittää ainoastaan yhtä valmistettavaa osaa, yleispintamerkki voidaan sijoittaa lähelle otsikkotaulua sen yläpuolelle.

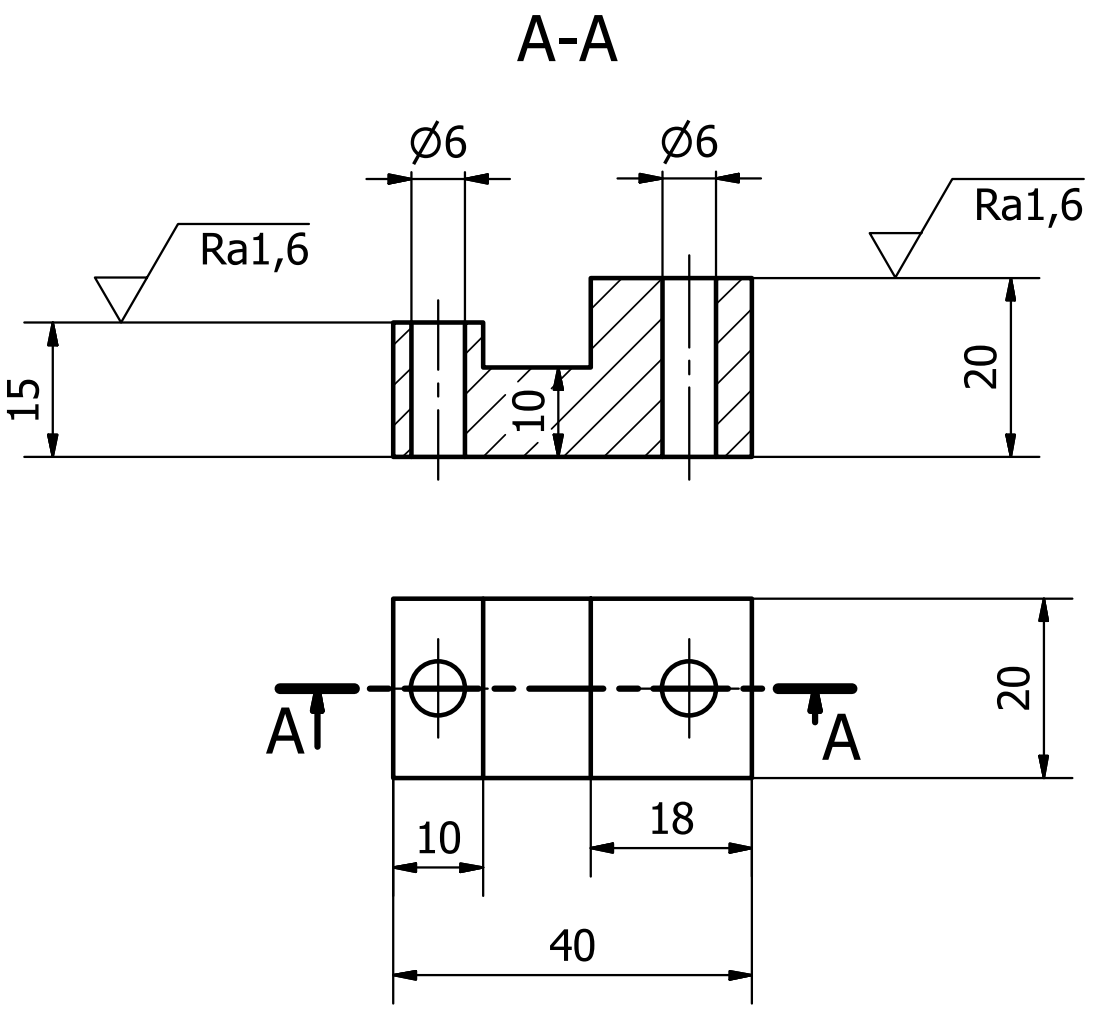
Tavallisesti yhden tai kahden pinnan laatuvaatimukset poikkeavat muista. Tällöinkin kannattaa käyttää yleispintamerkkiä. Yleispintamerkistä poikkeavat pinnat merkitään piirustukseen erikseen ja vastaavat pintamerkit sijoitetaan sulkuihin yleispintamerkin perään. Nytkin yleispintamerkki sijoitetaan kyseisen osan kuvannon viereen tai otsikkotaulun läheisyyteen sen yläpuolelle.



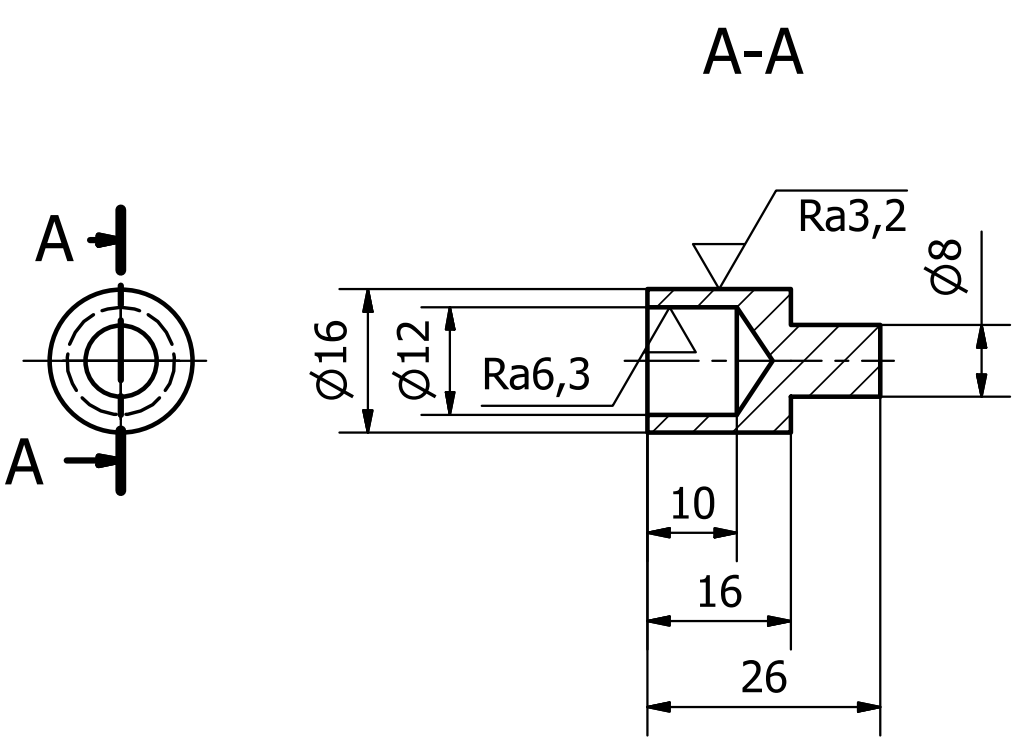
Kuva 14.10 Yleispintamerkin merkitseminen piirustukseen. Yleispintamerkistä poikkeavat merkit merkitään myös itse valmistettavan osan kuvantoon.

Tutustu pintamerkkejä käsittelevään standardiin.

14.3 Esimerkkejä pintamerkkien sijoittamisesta piirustuksiin

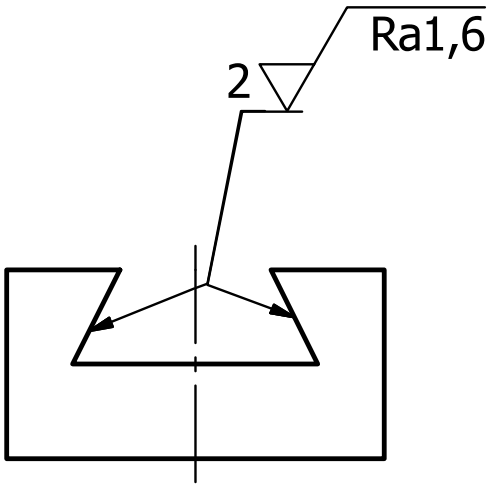


Kuva 14.11 Pintamerkit kannattaa sijoittaa siihen projektioon, jossa kyseinen pinta on mitoitettu, koska se helpottaa piirustuksen lukemista.

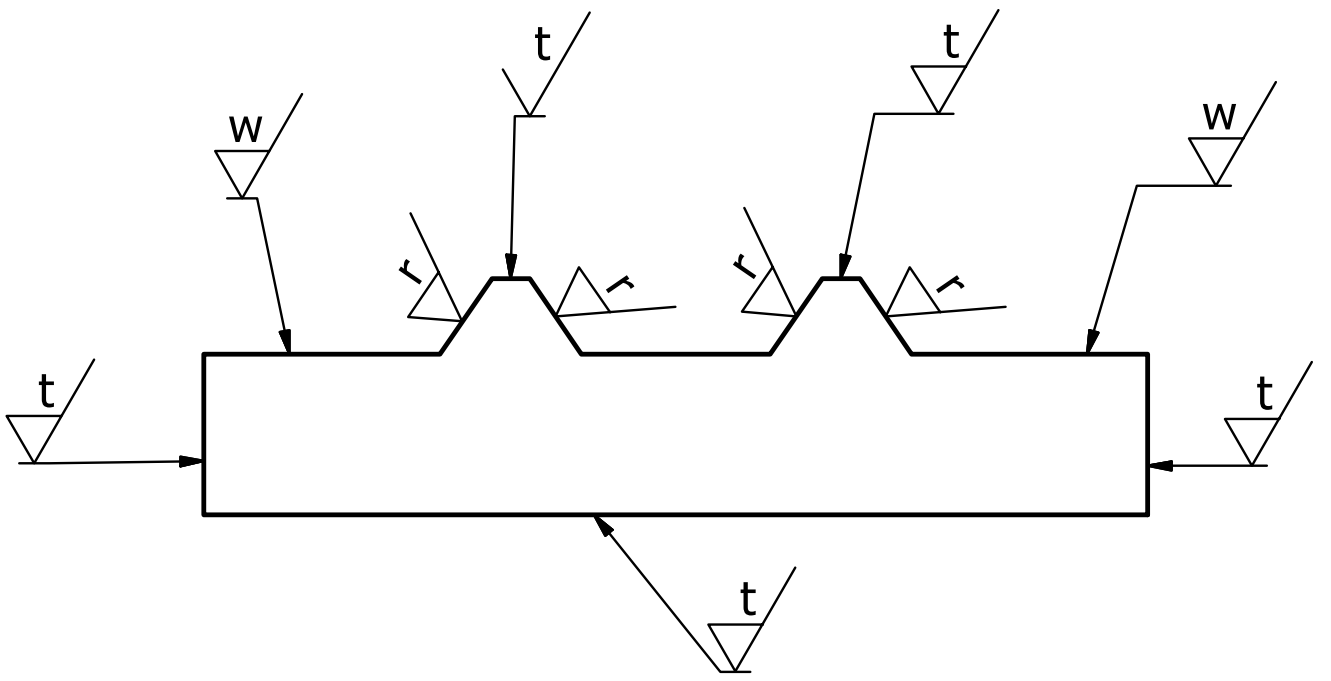


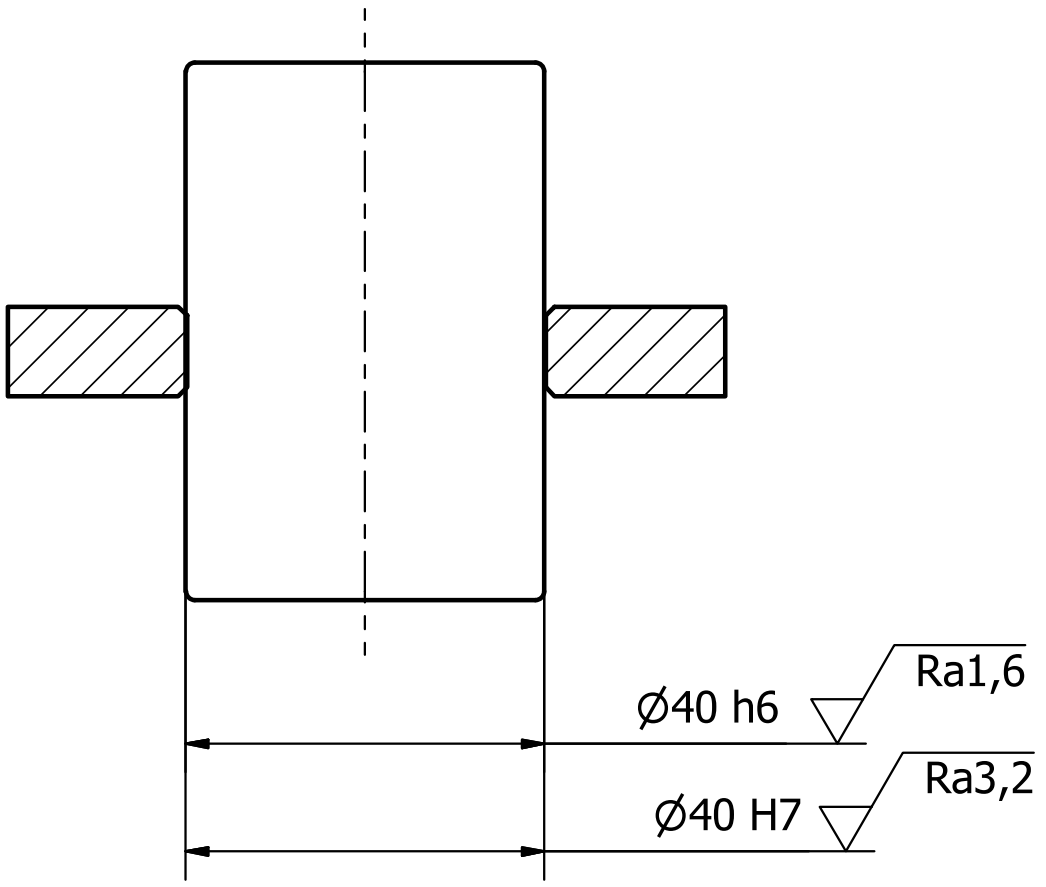
Kuva 14.12 Sylinterimäisissä kappaleissa, kuten akselit ja reiät, pintamerkki sijoitetaan ainoastaan toiselle sylinterimäisen osan muotoviivalle.

Kuva 14.13 Pintamerkki voidaan kohdistaa myös viiteviivan avulla tarkoittamaan samanaikaisesti useampaa pintaa.

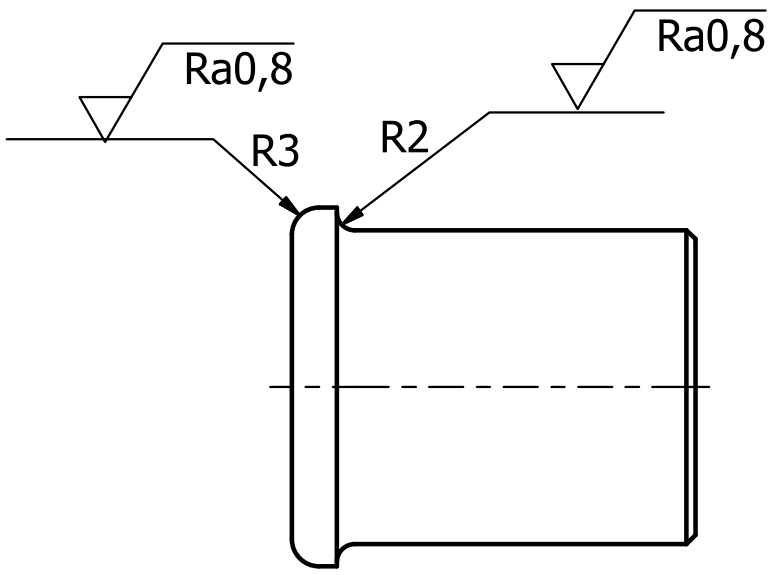


Kuva 14.14 Pintamerkki voidaan esittää myös lyhennetyssä yksinkertaistetussa muodossa.

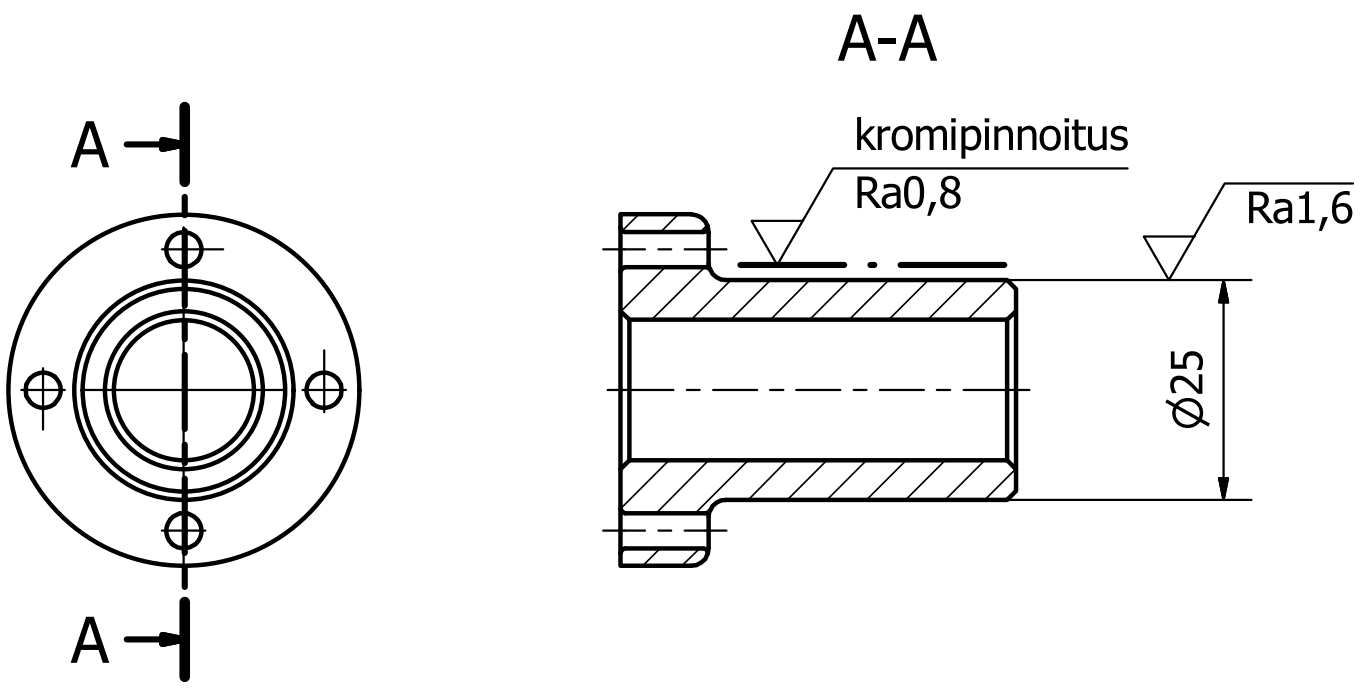




Kuva 14.15 Pintamerkit voidaan merkitä myös sovitteen mitoituksen yhteyteen.



Kuva 14.16 Pintamerkit voidaan merkitä myös pyöristyksiin mittaviivan jatkeelle.



Kuva 14.17 Pintaa koskevat vaatimukset kohtaan voidaan ilmoittaa myös niin, että ilmoitetaan erikseen, millainen pinnan tulee olla ennen lopullista käsittelyä ja millainen sen tulee olla lopullisen käsittelyn jälkeen.

Pintamerkkiä ei yleensä merkitä seuraavissa tapauksissa:
– poratut ja lävistetyt reiät
– pienet viisteet
– pyöristykset, joiden pinnankarheudella ei ole lujuuden kannalta merkitystä (esim. akselissa olakkeen sisäpyöristys)
– kierteet
– ruuvien päät ja ruuvien urat
– tappien päät
– meistetyt, leikatut ja valssatut pinnat
– pinnat, joissa pinnan laatu selviää ainesmerkinnästä (esim. vedetty akseli).

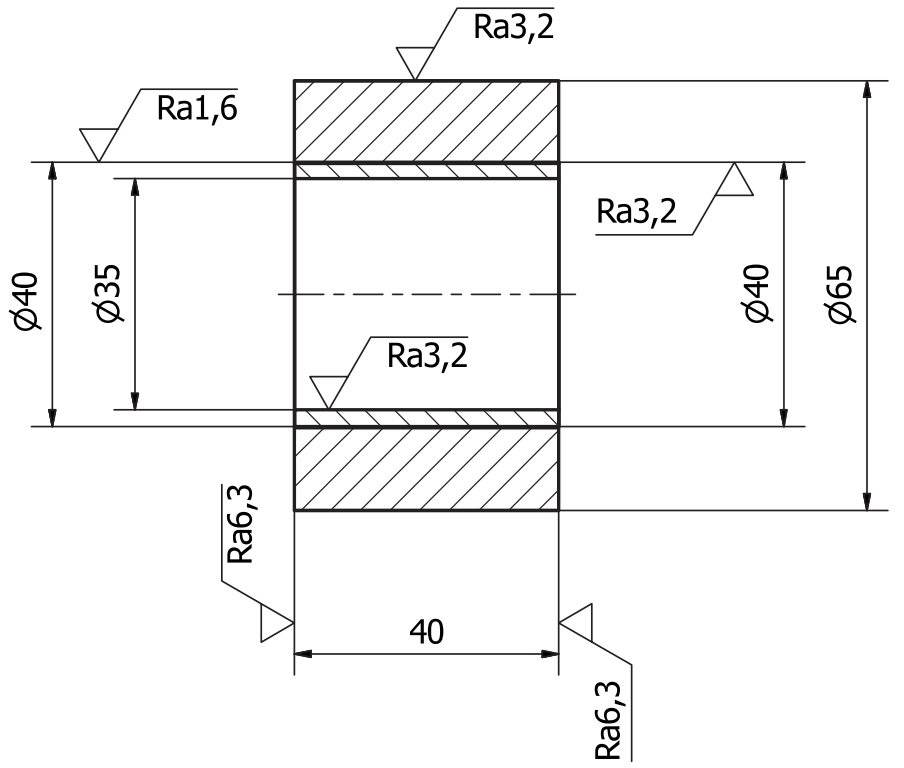
Yleisesti käytettyjä pinnankarheuden ohjearvoja.

Pinnan käyttötarkoitus	Ra-arvo (µm)
Näkyvät vapaat pinnat:	
– koneistettu, vaativa ulkonäkö	3,2–12,5
– puhtaaksi koneistettu	12,5–25
– taottu tai valettu	50–100
– akselien päät	25
– olakkeet, viisteet tai pyöristykset	3,2–12,5
– tasaukset tai upotukset	3,2–6,3
Jännityksen alaiset pinnat, ei kulumista	
Välyssovitteiset pinnat:	
– ura-akselien ja hammaskytkimien kyljet	3,2–6,3
– sokat	0,8–3,2
Ahdistussovitteiset pinnat:	
– puristusliitokset	≤ 3,2
– kiilaurien kyljet	6,3
– vierintälaakerien vastepinnat	0,4–3,2
– kiilarengasliitokset	≤ 1,6
Kitkavoimien kuormittamat pinnat	
Kuivat liukupinnat:	
– muovilaakerit	0,2–0,8
Voidellut liukupinnat:	
– liukulaakerit, suuri kuormitus (öljykalvon mukaan)	0,05–0,4
– liukulaakerit, tavallinen kuormitus (öljykalvo 0,005–0,020 mm)	0,4–1,6
– liukulaakerit, pieni kuormitus ja hidas liike (rasvavoitelu)	1,6–3,2
– johteet	0,8–3,2
– polttomoottorit ja kompressorit (sylinteripinnat)	0,2–0,8
– hydrauliikka	0,1–0,4
– liikeruuvit	1,6–3,2
– hammaspyörien hammaskyljet, suuri kuormitus ja suuri nopeus	0,4–1,6
– hammaspyörien hammaskyljet, pieni kuormitus ja pieni nopeus	1,6–3,2

Eri valmistusmenetelmillä saavutettavia pinnakarheusarvoja.

VALMISTUSMENETELMÄ	PINNANKARHEUS Ra													
	0,006	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
Hiekkavalu											X	X	X	X
Kuorimuottivalu										X	X	X	X	
Kokillivalu										X	X	X	X	
Painevalu									X	X	X	X	X	
Tarkkuusvalu								X	X	X				
Metallin ruiskupuristus							X	X	X	X				
Muovin ruiskupuristus					X	X	X	X	X	X				
Tarkkuustaonta								X	X	X				
Muottitaonta											X	X	X	
Pursotus											X	X	X	
Muotovalssaus									X	X	X			
Silovalssaus					X	X	X	X	X					
Levyn syväveto								X	X	X				
Vetäminen							X	X	X	X				
Pituussorvaus								X	X	X	X	X		
Tasosorvaus									X	X	X	X		
Pistosorvaus										X	X	X		
Höyläys									X	X	X	X	X	
Pistäminen									X	X	X			
Kaavinta									X	X	X			
Poraus											X	X	X	
Avarrus								X	X	X	X			
Upotus										X	X			
Kalvinta							X	X	X					
Lieriöjyrsintä									X	X	X			
Otsajyrsintä									X	X	X			
Avennus							X	X	X	X	X			
Viilaus								X	X	X	X	X		
Pyöröhionta						X	X	X	X					
Tasohionta							X	X	X					
Kiillotushionta				X	X									
Elektrolyyttinen kiillotus				X	X	X								
Kipinätyöstö							X	X	X	X	X			
Laahinta					X	X	X	X	X					
Hiveltäminen		X	X	X	X	X								
Hiertäminen			X	X	X	X								
Kiillotushiertäminen	X	X	X											
Suihkutus										X	X	X	X	X
Rummutus			X	X	X									
Polttoleikkaus											X	X	X	X
Sahaus											X	X	X	
Leikkaus									X	X	X	X		

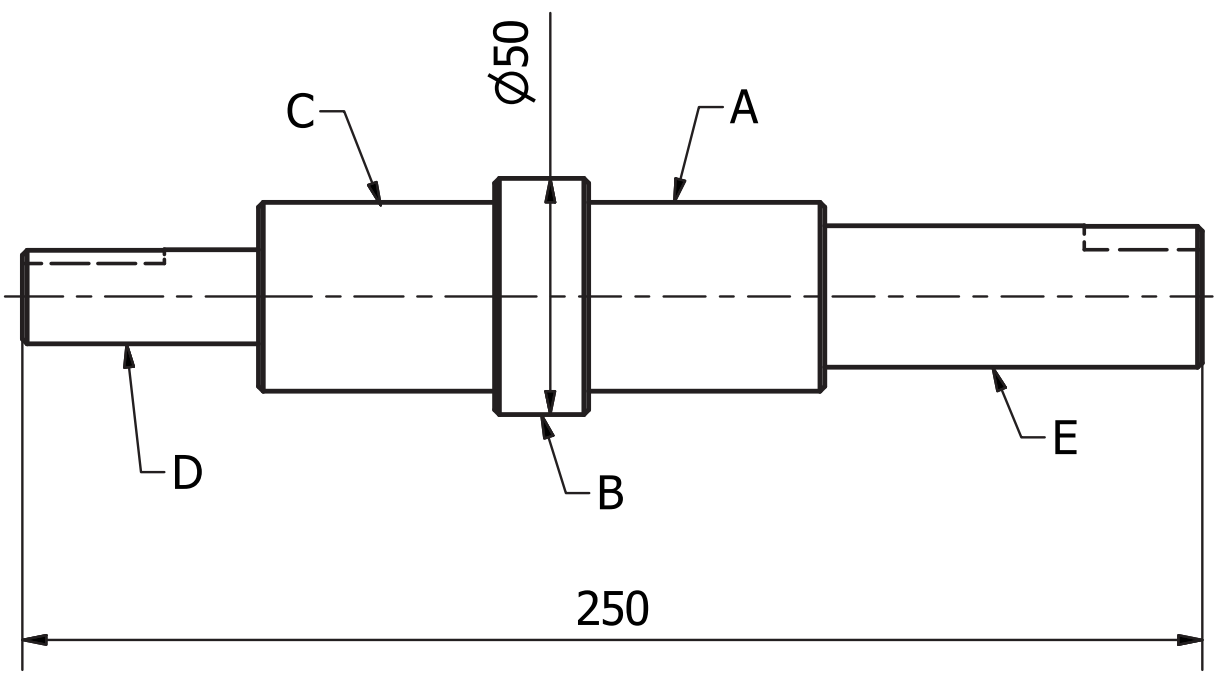
(lähde: Metalliteollisuuden Keskusliitto MET)



1. Tulkitse oheisesta piirustuksesta siihen merkityt pintamerkit.

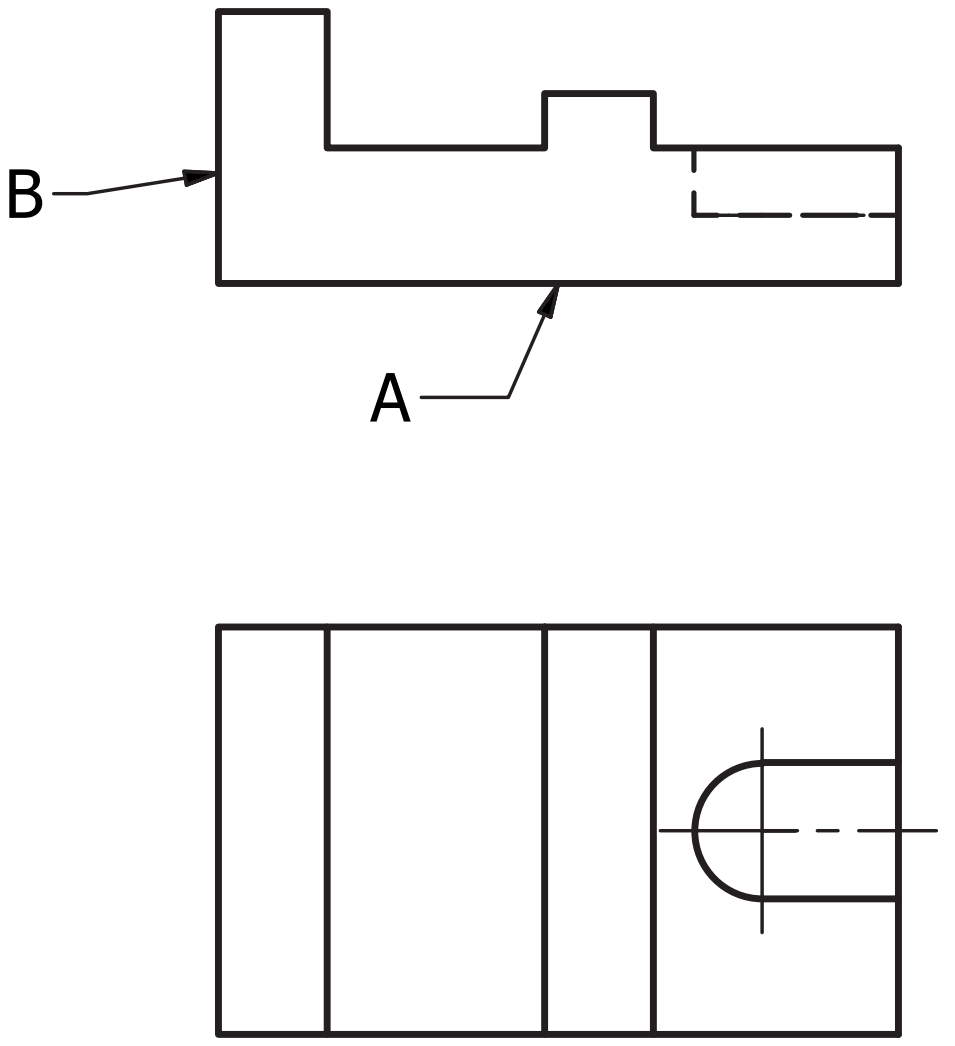
2. Mitoita oheinen akseli puuttuvien mittojen osalta ja merkitse siihen myös kaikki tarvittavat pintamerkit. Pintamerkkien vaatimuksissa pitää ottaa huomioon seuraavat asiat:

   Pinnat A ja C ovat liukupintoja. Pintaa B ei saa koneistaa. Kohtaan D sovitetaan hihnapyörä ja kohtaan E hammaspyörä.



3. Sijoita pintamerkit oheiseen piirustukseen seuraavien vaatimusten mukaisesti:

   Pinta A koneistetaan hiomalla ja työstönaarmut ympyrämäisesti. Kaikki muut pinnat jyrsitään.
   Pinnankarheus on pinnassa A Ra0,8, pinnassa B Ra12,5 ja kaikissa muissa pinnoissa Ra 6,3.



4. Piirrä CAD-piirustusohjelmalla mitoitettu työpiirustus opettajan antamasta voimansiirtoakselista (tai muusta vastaavasta akselista).

   Merkitse piirustukseen tarvittavat toleranssit ja sovitteet.
   Merkitse piirustukseen yleispintamerkki ja muut tarvittavat pintamerkit.

1. Sorvaa kärkisorvilla ∅50:n akselin lieriöpinnasta lastua erilaisilla konesyötön arvoilla oheisen taulukon mukaisesti.
   - Lastuamispituus on noin 30 mm ja lastuamissyvyys 2 mm kullakin syötön arvolla.
   - Käytä jokaisella sorvauskerralla samaa lastuamisnopeutta.
   - Varusta oikeakätinen veitsiterä kovametallipalalla, jonka nirkon säde on 0,8 mm.
   - Mittaa jokaisen sorvauksen jälkeen syntynyt pinnanlaatu vertaamalla sitä lieriön sorvauksen pinnankarheusmallineeseen ja merkitse tulokset taulukkoon.

Syöttö mm/r	Pinnanlaatu R_a	Huomautuksia
0,2		
0,4		
0,6		
0,8		
1,0		
1,2		

2. Jyrsi yleisjyrsinkoneella 60 mm:n neliöakselin tasopinnasta lastua erilaisilla konesyötön (pituussyöttö) arvoilla oheisen taulukon mukaisesti.
   - Lastuamispituus on noin 100 mm ja lastuamissyvyys 3 mm kullakin syötön arvolla.
   - Käytä jokaisella jyrsintäkerralla samaa lastuamisnopeutta.
   - Varusta ∅63:n nurkkajyrsin (teräpää) kovametallipaloilla.
   - Mittaa kunkin jyrsinnän jälkeen syntynyt pinnanlaatu vertaamalla sitä otsajyrsinnän pinnankarheusmallineeseen ja merkitse tulokset taulukkoon.

Syöttö mm/min	Pinnanlaatu R_a	Huomautuksia
60		
90		
120		
150		
180		
240		

Pintamerkkeihin liittyviä standardeja

- **SFS-ISO 468** Pinnankarheus. Suureet, niiden arvot ja yleisohjeet vaatimusten ilmoittamiseksi
- **SFS-ISO 4287-2** Pinnankarheus. Sanasto. Osa 2: Pinnankarheussuureiden mittaaminen
- **SFS-EN ISO 1302** Geometrinen tuotemäärittely (GPS). Pinnan ominaisuuksien ilmoittaminen teknisissä tuoteasiakirjoissa

15

Kierteet, ruuvit ja mutterit

15.1 Kierreprofiilit ja kierteiden kaavioesitykset

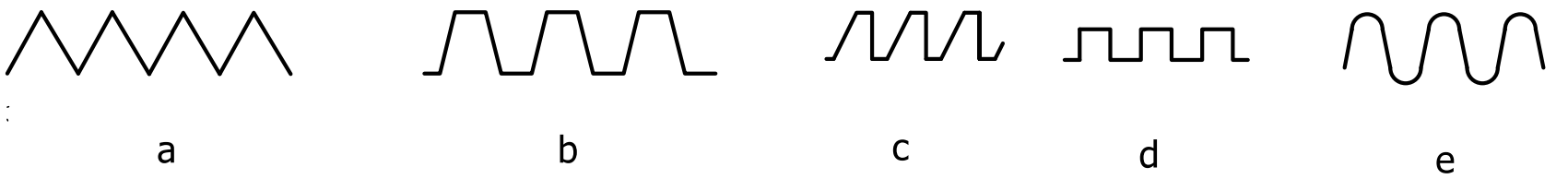
Kierteet esitetään koneenpiirustuksissa yleensä kaavioesityksinä, varsinkin silloin kun käytetään standardin mukaisia kierteitä. Kierteitä ei siis tarvitse piirtää todellisen geometrian mukaisena. Poikkeuksena ovat esimerkiksi lattakierteet, joita ei ole standardoitu.

Tavallisimmat kierreprofiilit ovat seuraavat:

– kiinnityskierteet (kiinnitysruuvit ja mutterit)
- terävä kierre, eli harjakierre
  - metrinen ISO-vakiokierre
  - metrinen ISO-taajakierre
  - UNC-vakiokierre
  - UNF-taajakierre
  - itsetiivistyvä putkikierre
  - tiivistymätön putkikierre

– liikekierteet (liikeruuvit ja mutterit)
- trapetsikierre (puolisuunnikaskierre)
- lattakierre
- sahakierre
- pyörökierre.

kierre	*thread*
metrinen ISO-kierre	*ISO metric thread*
metrinen ISO-taajakierre	*ISO metric fine pitch thread*
tuumainen kierre	*inch thread*
tuumainen ISO-kierre (UN-kierre)	*unified screw thread*
putkikierre	*pipe thread*
pulttikierre	*bolt thread*
ulkokierre	*external thread*
mutterikierre	*nut thread, internal thread*



Kuva 15.1 Tavallisimmat kierreprofiilit.

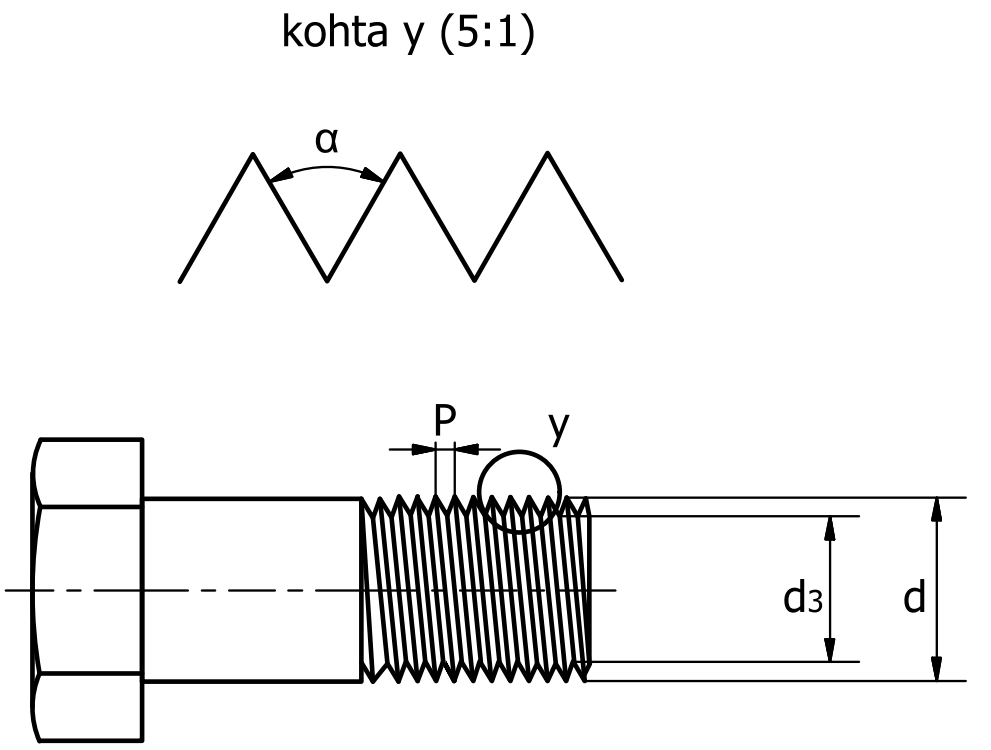
a) terävä kierre eli harjakierre

b) trapetsikierre (puolisuunnikaskierre)

c) sahakierre

d) lattakierre

e) pyörökierre

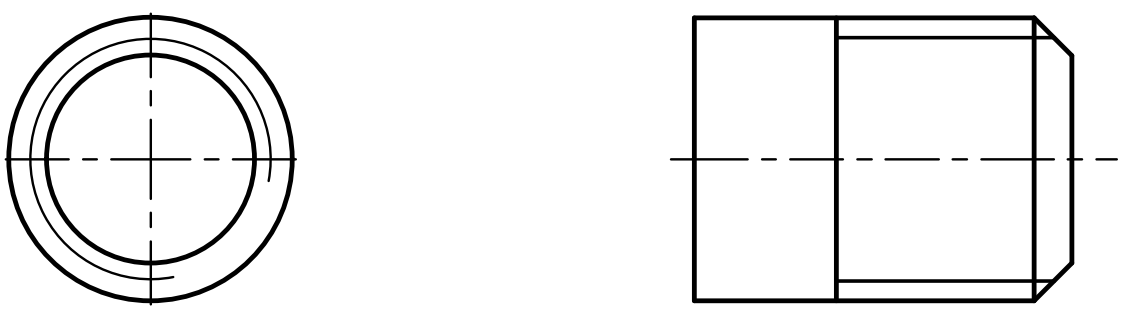


Kuva 15.2 Terävän kierteen (harjakierteen) profiili.
d = kierteen ulkohalkaisija
d_3 = kierteen sisähalkaisija
P = kierteen nousu
α = kierteen kylkikulma (metrisissä kierteissä kylkikulma on 60°)

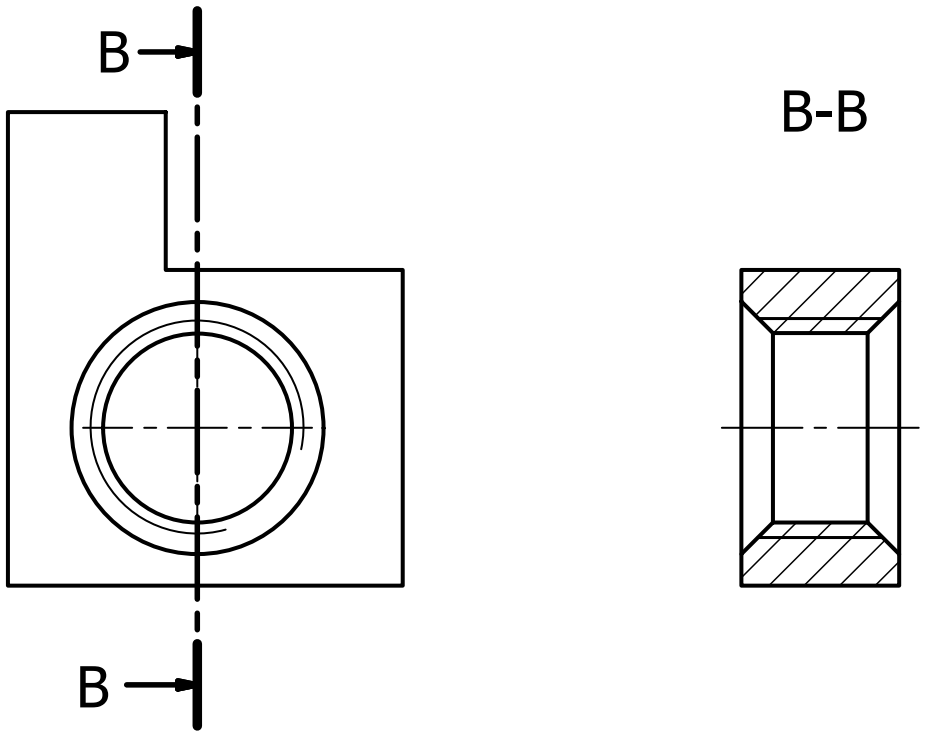
ruuvi	*screw, bolt*
mutteri	*nut*
aluslaatta	*washer*
kuusikulmio	*hexagon*

Kaavioesitys

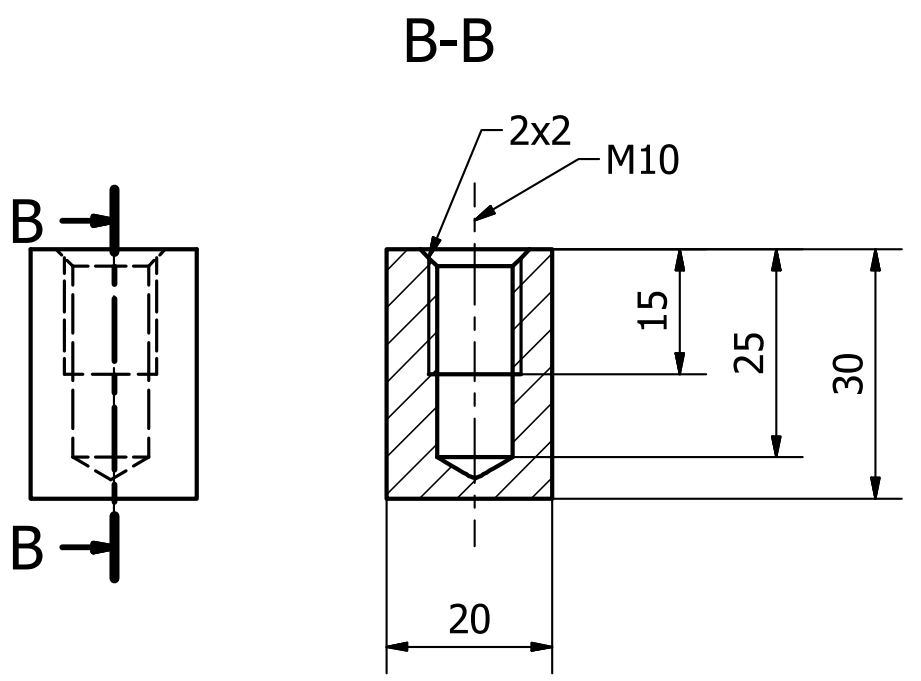
Kierteen harja ja pohja kuvataan kaavioesityksessä todellisten mittojen mukaan. Pienissä kierteissä tämä väli voi tulla liian pieneksi, jolloin todellisista mitoista voidaan hieman poiketa.



Kuva 15.3 Ruuvissa (ulkokierteessä) kierteen harja kuvataan leveällä eheällä muotoviivalla ja kierteen pohja eheällä kapealla viivalla. Päästä katsotussa kierteessä kapean viivan pituus on hieman yli 3/4 kierrosta. Kierteen päätekohta esitetään leveällä ehyellä muotoviivalla.



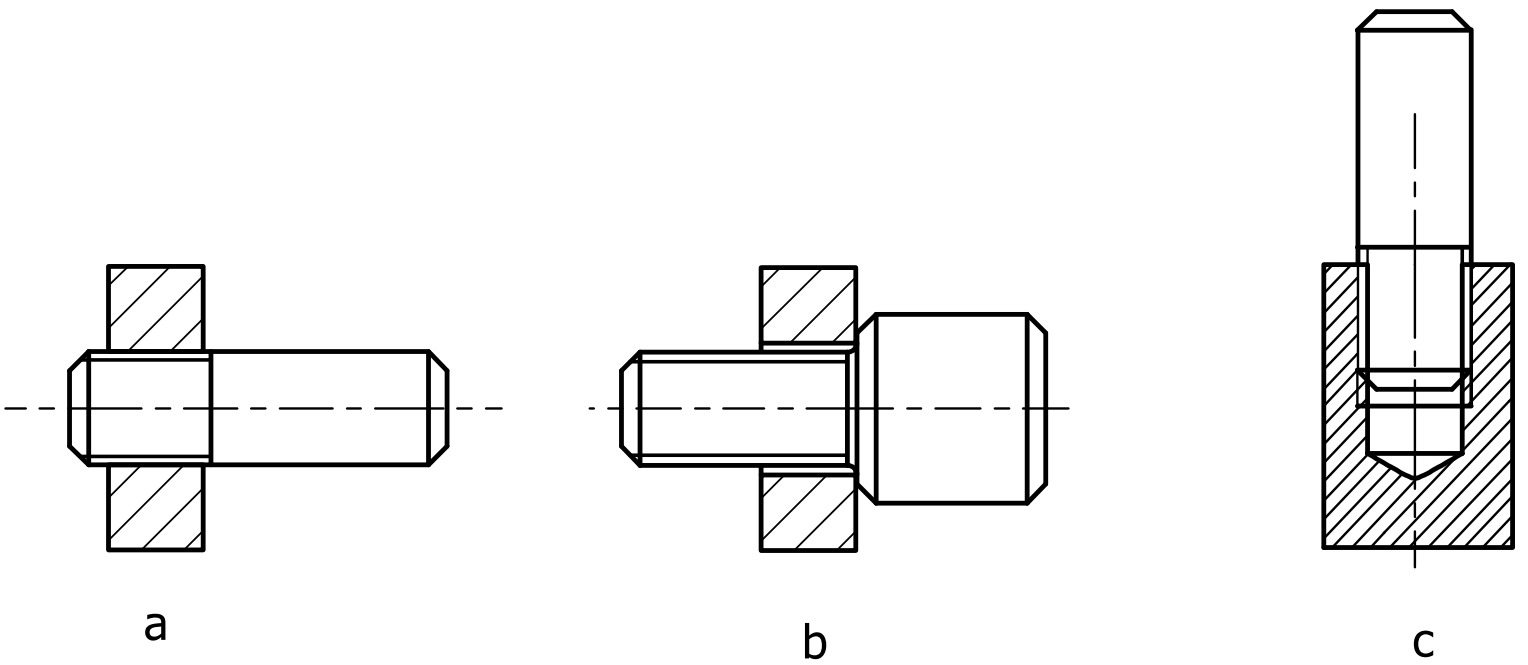
Kuva 15.4 Mutterissa (sisäkierteessä) kierteen pohja kuvataan leveällä ehyellä muotoviivalla ja kierteen harja eheällä kapealla viivalla. Päästä katsotussa kierteessä kapean viivan pituus on hieman yli 3/4 kierrosta. Leikatussa kuvannossa leikkausviivastus ulottuu leveään muotoviivaan saakka.

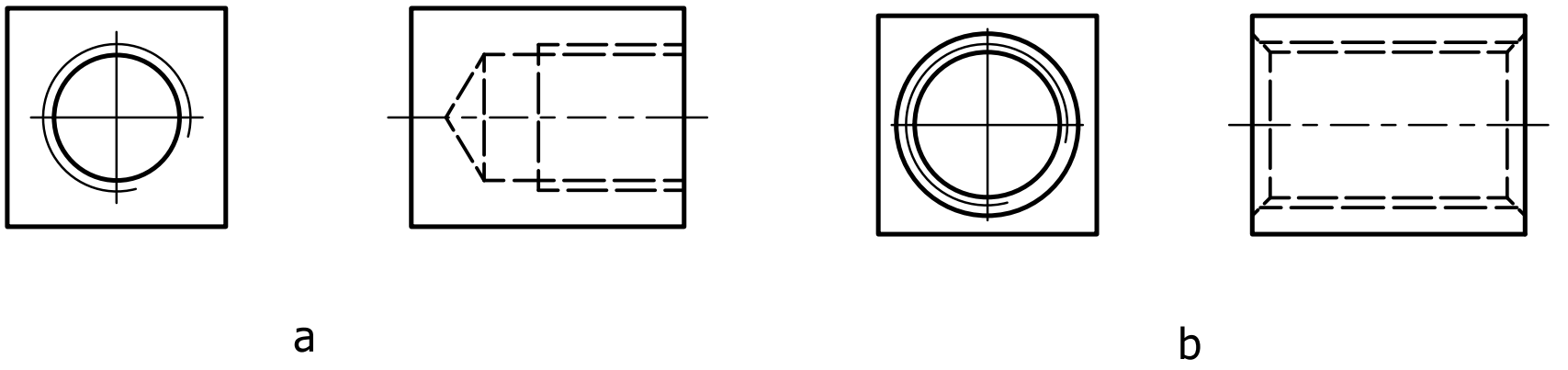


Kuva 15.5 Jos reiässä oleva kierre ei ole läpimenevä, se esitetään yleensä leikattuna. Tässäkin täysimittainen kierre päättyy eheään leveään muotoviivaan. Leikkausviivastus ulottuu reiän leveään muotoviivaan saakka.

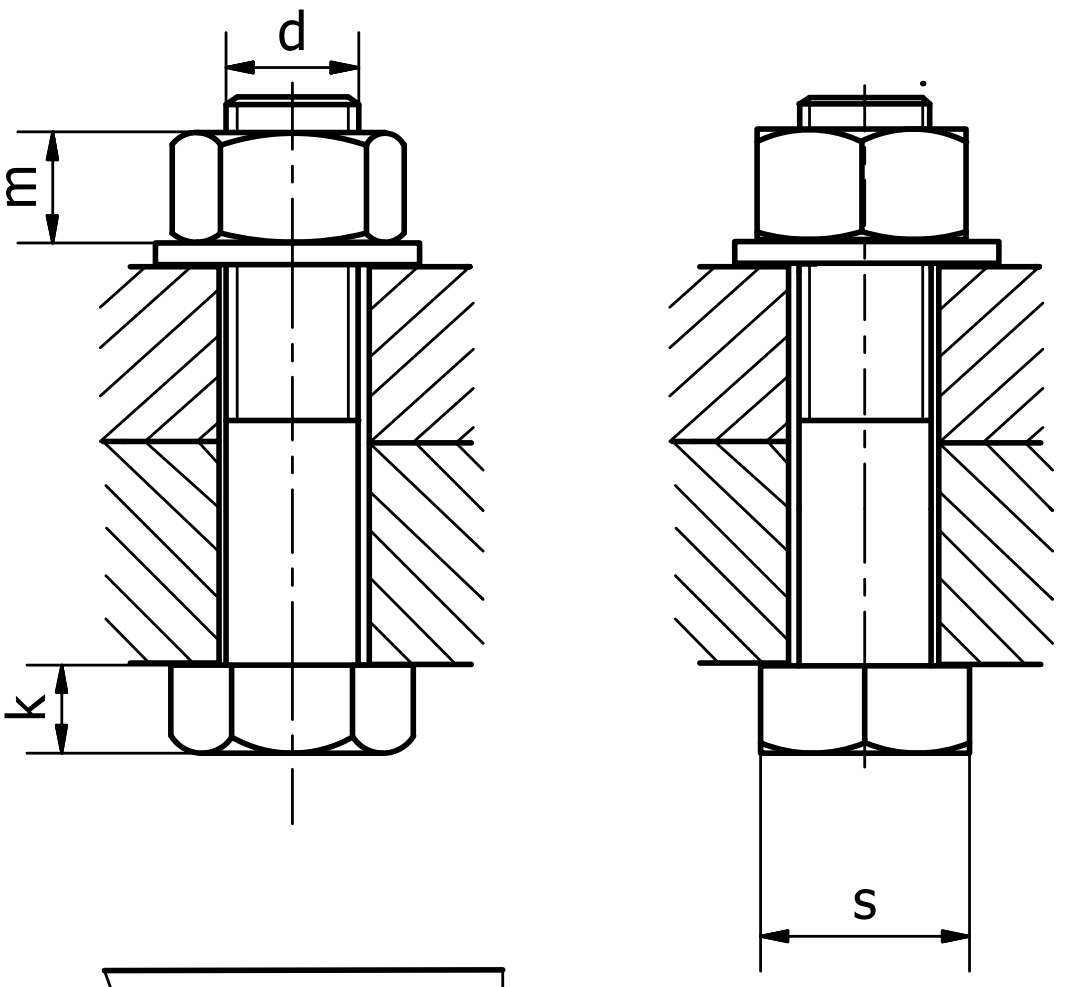
Kuva 15.6 Kun ulko- ja sisäkierre esitetään yhteenliitettyinä (ruuvi kierrereiässä), ulkokierre näkyy ehyenä.

a) ruuvi läpimenevässä kierrereiässä
b) ruuvi vapaareiässä
c) ruuvi kierrereiässä, joka ei ole läpimenevä (pohjareikä)





Kuva 15.7 Sisäpuolinen kierre esitettynä leikkaamattomana.
a) kierre pohjareiässä, joka ei ole läpimenevä
b) läpimenevä kierrereikä



Kuva 15.8 Ruuvin esittäminen vapaareiässä.
a) ruuvi läpimenevän vapaareiän kautta kierrereiässä
b) ruuvi läpimenevässä vapaareiässä

15.2 Kierteen mitoitus ja merkinnät

Standardikierteen mitoitukseen kuuluvat kierteen tunnus ja koko. Lisäksi kierteestä voidaan antaa muita tietoja, kuten toleranssiluokka ja mahdollinen monipäisyys tai vasenkätisyys. Jos kierre ei ole kappaleen koko matkalla, mitoitetaan myös kierteen pituus.

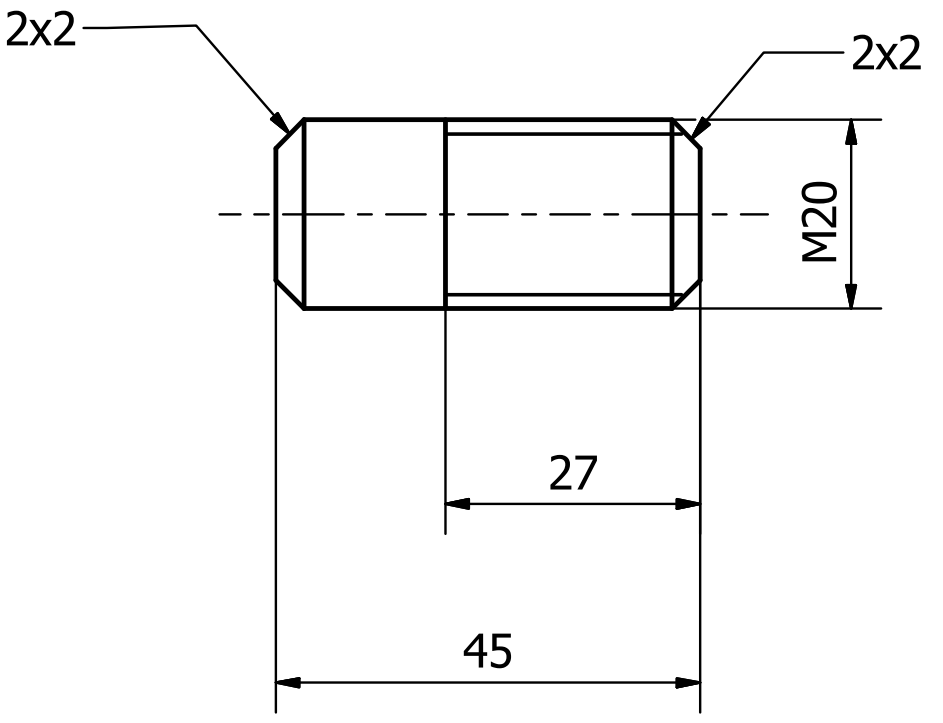
Kierteen alkuviiste ja pääteura mitoitetaan, varsinkin silloin kun sillä on merkitystä esimerkiksi koneenosan toimivuuden tai lujuuden kannalta.

Kierre	Merkintä	Merkintäesimerkki
Metrinen ISO-vakiokierre	Kirjain M ja kierteen ulkohalkaisija mm:nä.	M20
Metrinen ISO-taajakierre	Kirjain M ja kierteen ulkohalkaisija kertaa nousu mm:nä.	M20 x 1,5
UNC-kierre	Kierteen ulkohalkaisija tuumina, viiva kierteiden lukumäärä tuumaa kohti ja kirjaimet UNC	¾–10 UNC
UNF-kierre	Kierteen ulkohalkaisija tuumina, viiva kierteiden lukumäärä tuumaa kohti ja kirjaimet UNC	¾–16 UNF
Itsetiivistyvä putkikierre	Sisäkierre lieriömäinen: kirjaimet Rp ja putken sisähalkaisija tuumina Sisäkierre kartiomainen: kirjaimet Rc ja putken sisähalkaisija tuumina Ulkokierre aina kartiomainen: kirjain R ja putken sisähalkaisija tuumina	Rp 1½ Rc 1½ R 1½
Tiivistymätön putkikierre	Sisäkierre: kirjain G ja putken nimellishalkaisija tuumina Ulkokierre: kirjain G ja putken nimellishalkaisija tuumina ja lisäksi toleranssiluokka A tai B	G 1½ G 1½ A tai G 1½ B
Trapetsikierre	Kirjaimet Tr ja kierteen ulkohalkaisija kertaa nousu mm:nä	Tr 24 x 5
Lattakierre	Mitoitetaan piirustukseen	Mitoitettu piirustukseen
Sahakierre	Mitoitetaan piirustukseen	Mitoitettu piirustukseen
Pyörökierre	Kirjain P ja kierteen ulkohalkaisija mm:nä kertaa nousu tuumina	P 65 x 1/6

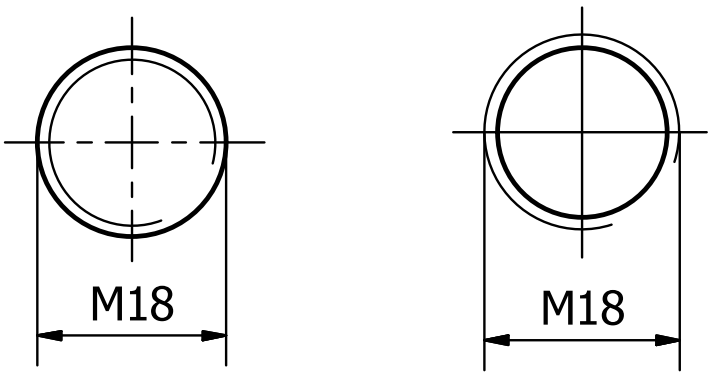
Kuva 15.9 Kierteiden merkitseminen piirustukseen.

Kierteen kätisyys: oikeakätinen RH (right-hand), vasenkätinen LH (left-hand).

Oikeakätisyyttä ei yleensä tarvitse merkitä. Vasenkätisyys taas pitää merkitä.

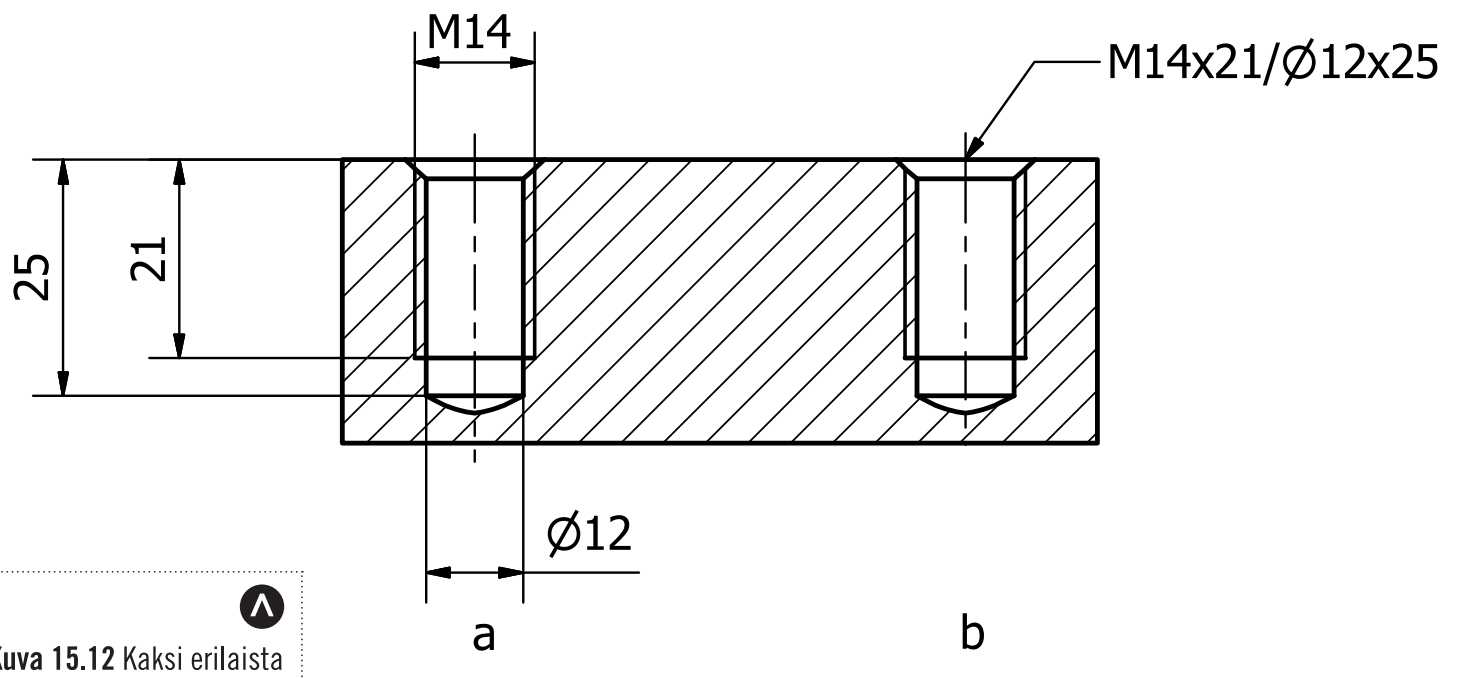


Kuva 15.10 Metrisen ISO-vakiokierteen merkintä piirustukseen. Myös kierteen pituus mitoitetaan silloin, kun se ei ole kappaleen koko matkalla.



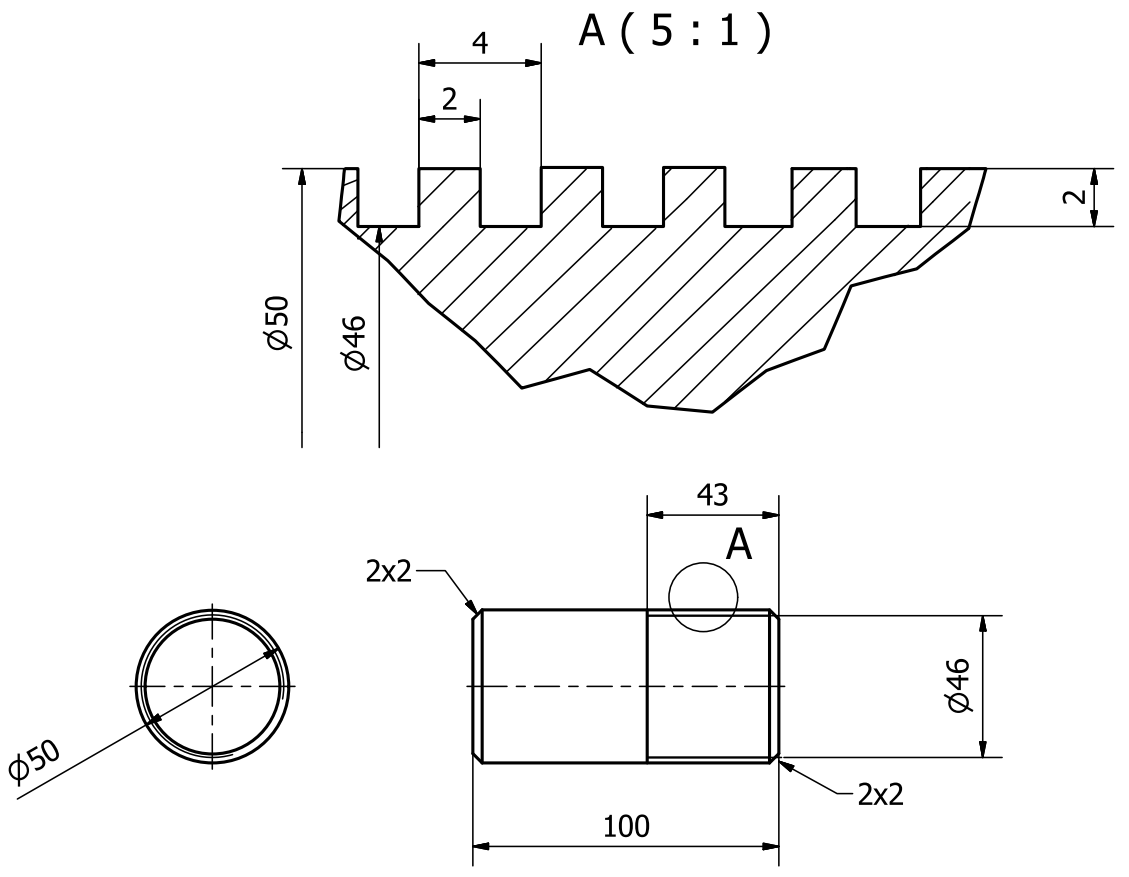
Kuva 15.11 Kierteen mitoittaminen päästä katsottuun kuvantoon.

a) ulkopuolinen kierre
b) sisäpuolinen kierre



Kuva 15.12 Kaksi erilaista tapaa mitoittaa sama sisäpuolinen kierrereikä.

a) Kaikki tarvittavat mitat on kirjoitettu oikeille kohdille.
b) Kierrereikä on mitoitettu viiteviivalle, joka kohdistetaan reiän keskiviivaan.



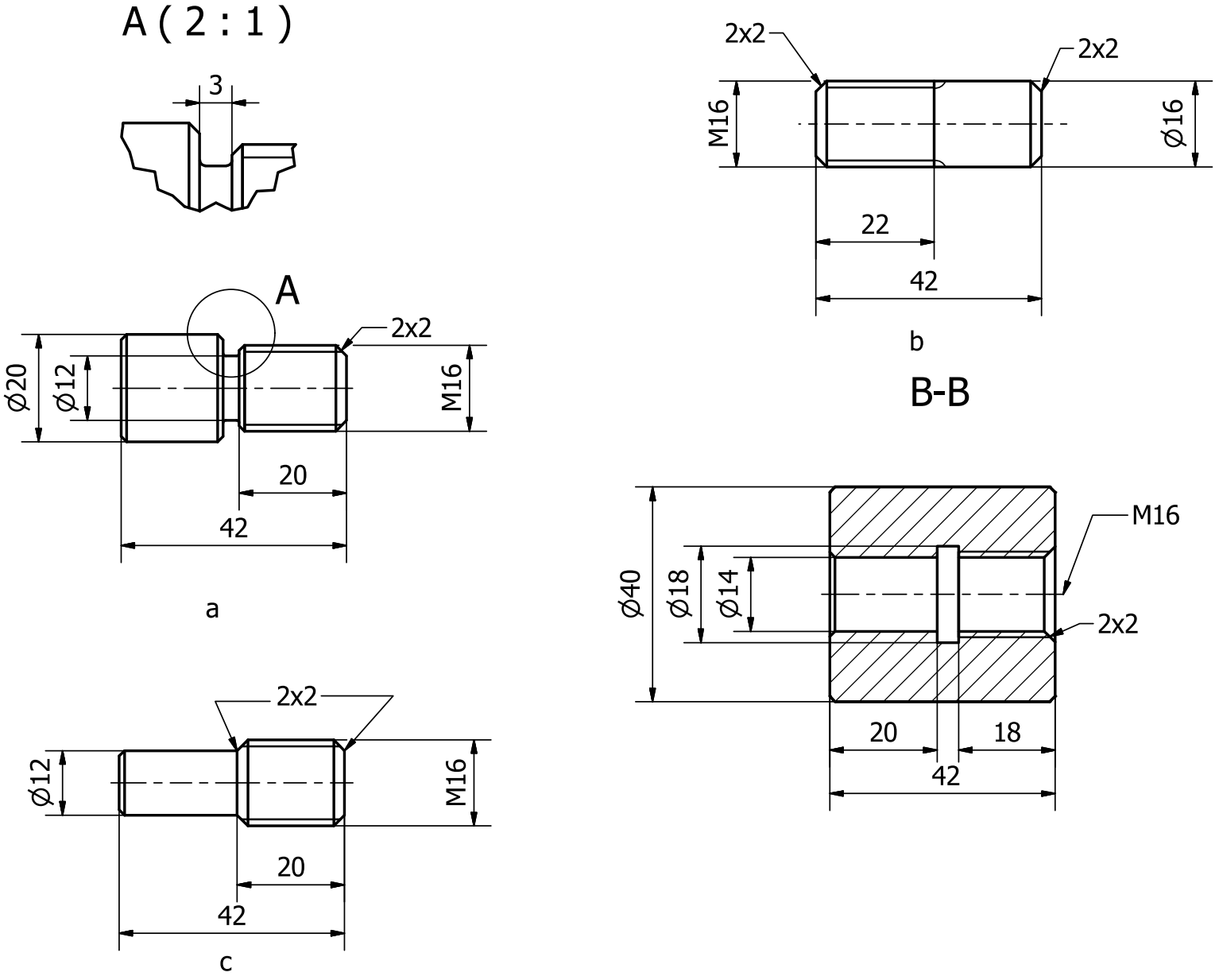
Kuva 15.13 Lattakierre mitoitetaan piirustukseen, koska se ei ole standardikierre.

a) Kuvassa ovat kierteen alkuviiste ja mitoitettu lopetusura.

b) Joissakin tapauksissa kierteen pääteuraa ei käytetä lainkaan. Tällöin kierteen pituudeksi mitoitetaan täysimittaisen kierteen osuus.

c) Kierteen jälkeen akseli on ohennettu. Ohennusosan halkaisijan on oltava hieman pienempi kuin kierteen sisähalkaisija.

d) Kuvassa on sisäpuolisen kierteen pääteura.

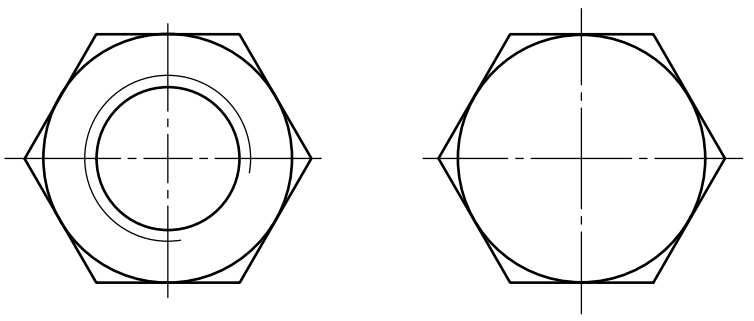


Kuva 15.14 Erilaisia kierteiden alkuviisteitä ja lopetusuria.

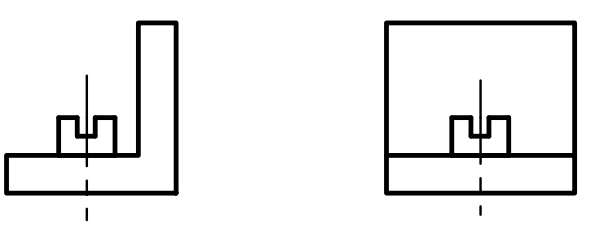
15.3 Ruuvien ja muttereiden piirtäminen

Ruuvin kannat ja mutterit piirretään yleensä kaaviokuvina. CAD-ohjelmissa ne saadaan piirustuksiin valmiina symboleina. Kuusioruuvin kanta ja kuusiomutteri kuvataan tavallisesti oheisen kuvan mukaisesti.

Suorauraisten ruuvien kanta kuvataan sivukuvassa siten, että ruuviura näkyy. Sen sijaan päältäpäin kuvattuina ruuviura piirretään 45 asteen kulmaan.

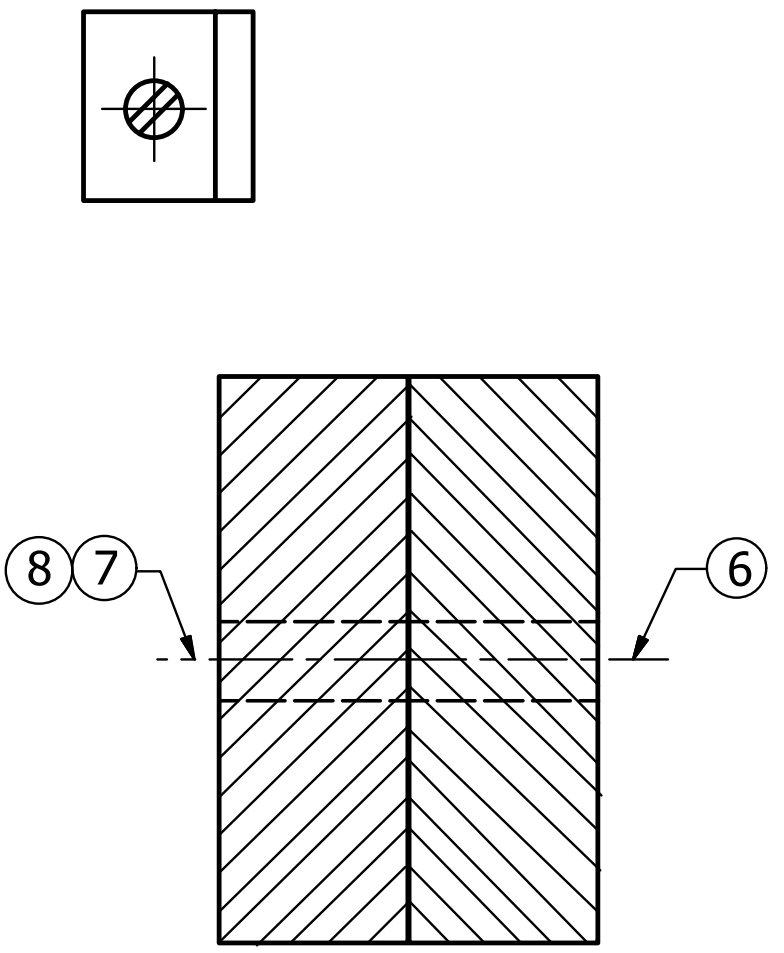


Kuva 15.15 Kaavioesityksiä kuusioruuveista ja -muttereista.

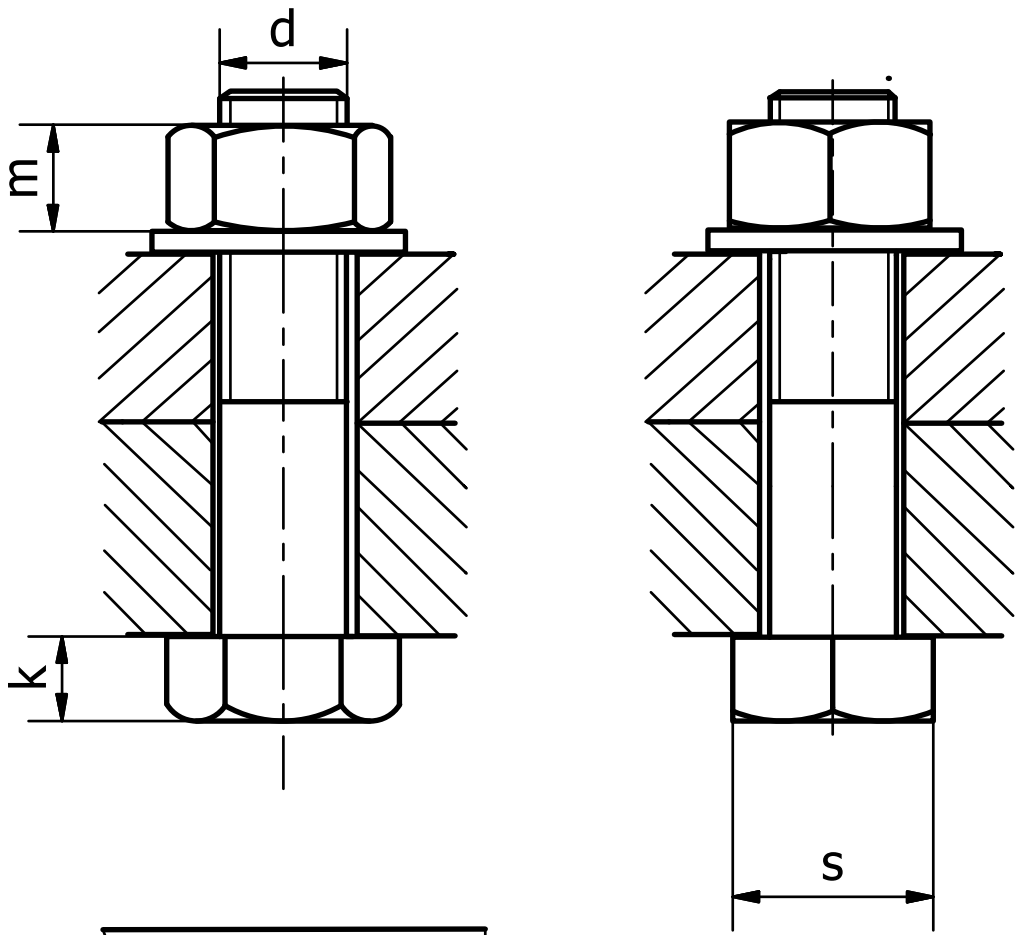


Kuva 15.16 Uraruuvin kanta sivukuvannoissa ja päältä päin kuvattuna.

uraruuvi	*slotted head screw*
vaarnaruuvi	*stud*
pidätinruuvi	*slotted set screw*
levyruuvi	*tapping screw*



Kuva 15.17 Aina ruuvia ja mutteria ei tarvitse piirtää lainkaan. Riittää, että niiden paikalle piirretään pelkkä keskiviiva. Osanumeroilla, jotka tässä päättyvät nuolenkärkeen, viitataan kokoonpanopiirustuksen osaluettelon.



Kuva 15.18 Kuusioruuvin ja kuusiomutterin mittapiirros ja piirtäminen.

k = kuusioruuvin kannan korkeus
(k = 0,7 x d)

m = normaalin mutterin korkeus
(m = 0,8 x d)

d = kierteen nimellishalkaisija

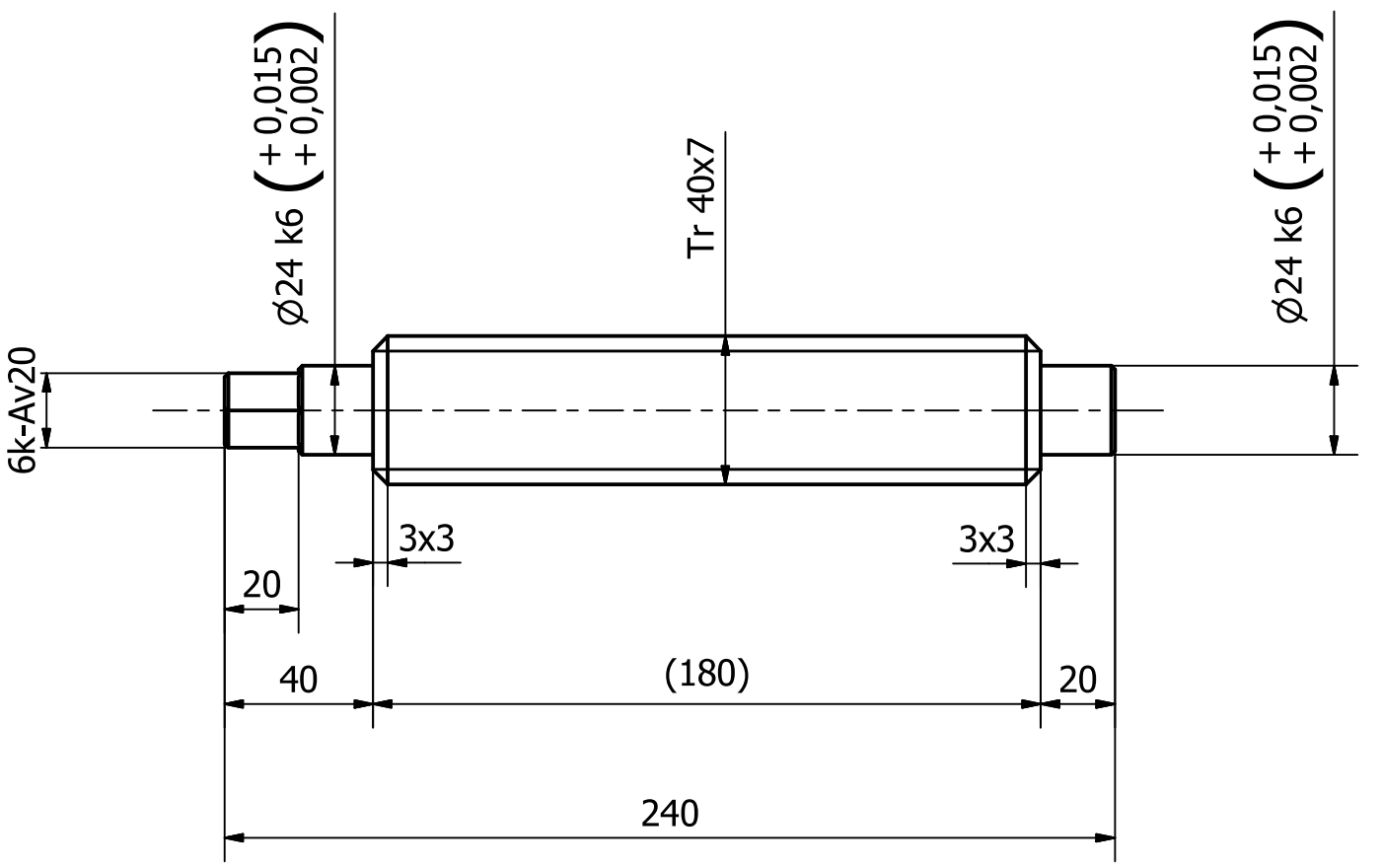
s = avainväli

e = särmäväli (e ≈ 1,16 x s)

Standardiruuveja ja muttereita ei yleensä tarvitse mitoittaa piirustukseen. Niiden mitat ilmenevät kokoonpanopiirustuksen osaluettelosta.

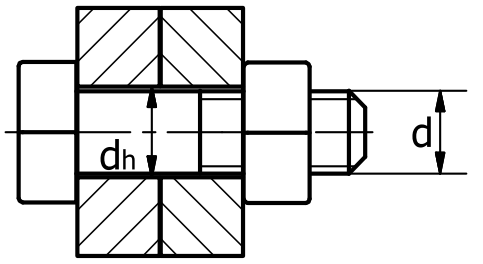
osakierteinen kuusioruuvi	*hexagon bolt*
täysikierteinen kuusioruuvi	*hexagon screw*
kuusiokoloruuvi	*hexagon socket screw*
kuusiomutteri	*hexagon nut*

Kuva 15.19 Esimerkki trapetsikierteisestä liikeruuvista.



Merkitsemättömät viisteet 1x1

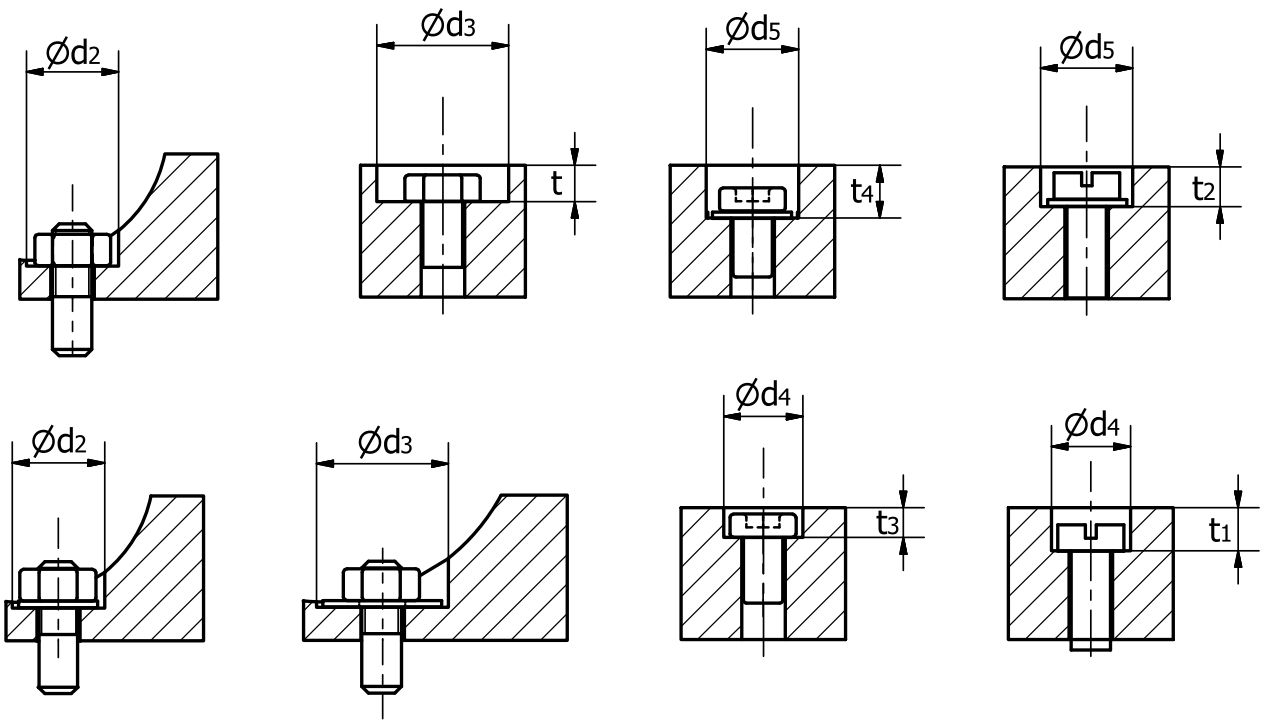
Kuva 15.20 Vapaareikien halkaisijat metrisille ruuveille.



Kannattaa käyttää keskisarjaa, jos ei toisin ilmoiteta.

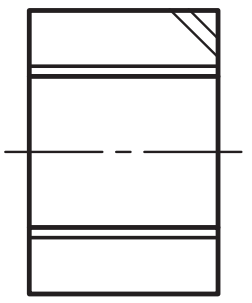
Kierre	Kierteen ulkohalkaisija d (mm)	Vapaareiän halkaisija dh		
		Hieno sarja	Keskisarja	Karkea sarja
M4	4	4,3	4,5	4,8
M5	5	5,3	5,5	5,8
M6	6	6,4	6,6	7
M8	8	8,4	9	10
M10	10	10,5	11	12
M12	12	13	13,5	14,5
M16	16	17	17,5	18,5
M20	20	21	22	24
M24	24	25	26	28
M27	27	28	30	32
M30	30	31	33	35
M36	36	37	39	42

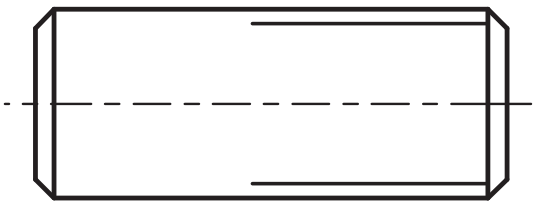
Kuva 15.21 Tasausten ja upotusten mittoja metrisille ruuveille ja muttereille.



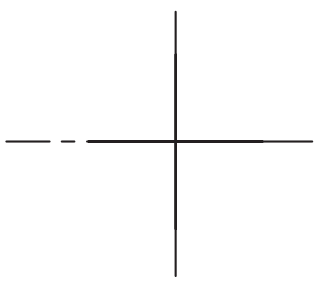
Kierre	Avainväli (mm)	Tasaus ja upotus								
		d_2	d_3	d_4	d_5	T	t_1	t_2	t_3	t_4
M4	7	10	12	8	10	3,5	3,5	4,5	4,5	5,5
M5	9	12	16	10	12	4,5	4	5,5	5,5	7
M6	10	14	20	12	14	5,5	4,5	6	6,5	8
M8	13	18	25	16	18	6,5	5,5	7,5	8,5	10,5
M10	15	22	28	18	20	7,5	6,5	9	10,5	13
M12	17	25	32	20	25	9,5	7,5	10	12,5	15
M16	21	32	40	28	32	12	9,5	13	17	20
M20	25	40	45	34	36	14	12	16	21	25
M24	30	45	58	40	42	17	14	19	25	30
M27	34	50	62			19				
M30	38	58	75							
M36	46	68	85							

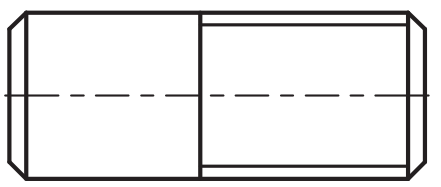
1. Täydennä kaikki puuttuvat viivat oheisiin kuvantoihin. Piirrä leveät ja kapeat viivat selvästi toisistaan erottuvina. Merkitse myös kaikki tarvittavat mitat, kun kyseessä on kierre M20.

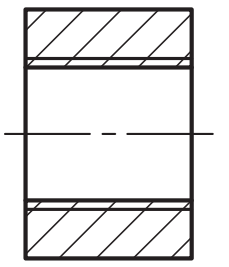


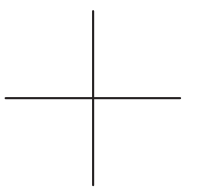


2. Piirrä puuttuvat kuvannot. Piirrä leveät ja kapeat viivat selvästi toisistaan erottuvina. Merkitse myös kaikki tarvittavat mitat, kun kyseessä on kierre M24.





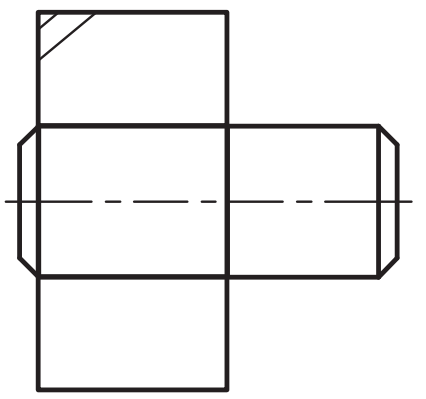


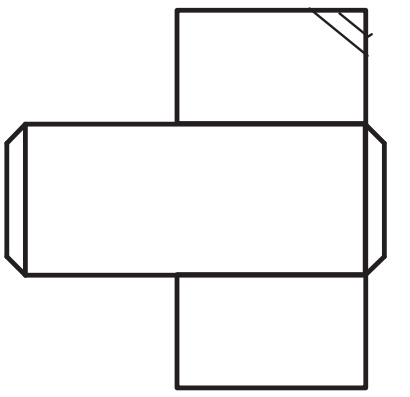


a

b

3. Täydennä kaikki puuttuvat viivat oheisiin kuvantoihin. Piirrä leveät ja kapeat viivat selvästi toisistaan erottuvina. Merkitse myös kaikki tarvittavat mitat, kun kyseessä on kierre M16. Kohdassa a ruuvi on vapaareiässä, ja kohdassa b ruuvi on kierrereiässä.





a

b

4. Piirrä CAD-piirustusohjelmaa käyttäen kokoonpanopiirustus opettajan antamasta hammaspyörävaihteistosta (tai muusta vastaavasta asennuskokonaisuudesta). Merkitse piirustukseen ja osaluetteloon kaikki tarvittavat ruuvit ja mutterit.

1. Etsi työpajalla seuraavat kierteet ja merkitse oheiseen taulukkoon mistä koneesta, laitteesta, työkalusta (ei kierteitysvälineistä) tai tuotteesta kyseinen kierre löytyi.

Kierre:	Kierre löytyi seuraavasta kohteesta:
Metrinen ISO-vakiokierre	
Metrinen ISO-taajakierre	
Trapetsikierre	
Lattakierre	
Putkikierre	
Pyörökierre	
Sahakierre	

Kierteisiin, ruuveihin ja muttereihin liittyviä standardeja

- **SFS-KÄSIKIRJA 120** Kierteet
- **SFS-KÄSIKIRJA 121-1** Kiinnittimet. Osa 1:Nimikkeistö ja yleiset viitestandardit
- **SFS-KÄSIKIRJA 121-2** Kiinnittimet. Osa 2: Ruuvit
- **SFS-KÄSIKIRJA 121-3** Kiinnittimet. Osa 3: Mutterit, aluslaatat, sokat ja tapit
- **SFS-EN ISO 6410-1** Tekniset piirustukset. Kierteet ja kierteitetyt kappaleet. Osa 1: Yleistä
- **SFS-EN ISO 6410-2** Tekniset piirustukset. Kierteet ja kierteitetyt kappaleet. Osa 2: Kierreholkit
- **SFS-EN ISO 6410-3** Tekniset piirustukset. Kierteet ja kierteitetyt kappaleet. Osa 3: Yksinkertaistettu esittäminen
- **SFS 2013** Kierteen pääte ja pääteura. Metrinen ISO-kierre
- **SFS 2197** Ruuvit. Ruuvin ja kierteen pituudet. Metrinen ISO-kierre
- **SFS-ISO 965-1** Metrinen ISO-kierre. Yleiskäyttö. Toleranssit. Osa 1: Periaatteet ja perustiedot
- **SFS-ISO 7-1** Putkikierteet, joissa painetiiviit liitokset saadaan aikaan kierteillä (itsetiivistyvät putkikierteet). Osa 1: Mitat, toleranssit ja merkinnät
- **SFS-EN 20898-2** Kiinnityselimien lujuusominaisuudet. Osa 2: Mutterit. Metrinen kierre
- **SFS-EN 28839** Kiinnityselimien lujuusominaisuudet. Ei-rautametalliset ruuvit, vaarnaruuvit ja mutterit
- SFS-EN ISO 898-6 Kiinnityselimien lujuusominaisuudet. Osa 6: Mutterit. Taajakierre
- **SFS 4500** Metrinen ISO-trapetsikierre. Yleiskatsaus
- **SFS 4502** Metrinen ISO-trapetsikierre. Perusmitat
- **SFS-ISO 2903** Metrinen ISO-trapetsikierre. Toleranssit
- **SFS 2017** Ruuvit, mutterit ja niiden tarvikkeet. Nimistö
- **SFS 2197** Ruuvit. Ruuvin ja kierteen pituudet. Metrinen ISO-kierre

16

Hitsausliitokset ja juotokset

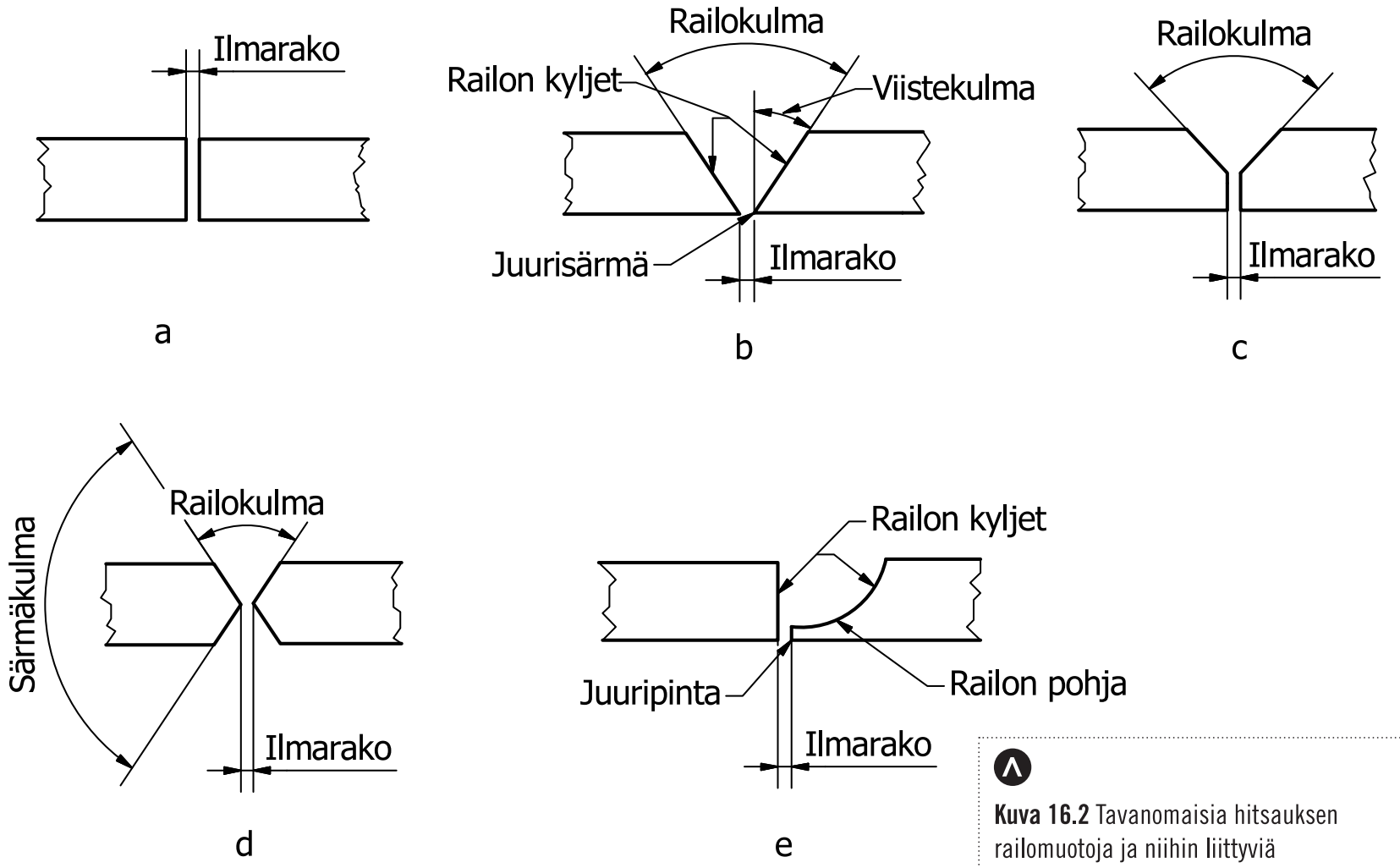
Levy- ja teräsrakennepiirustuksissa pitää usein esittää, kuinka eri osat liitetään toisiinsa hitsaamalla tai juottamalla. Tällöin tarvitaan hitsausmerkintöjä, jotka on standardoitu. Merkinnästä ilmenevät esimerkiksi käytettävä hitsausmenetelmä, railomuoto ja hitsin muoto ja mitat.

Numerotunnus	Prosessi
111	Puikkohitsaus
131	MIG-hitsaus umpilangalla
135	MAG-hitsaus umpilangalla
136	MAG-hitsaus jauhetäytelangalla
138	MAG-hitsaus metallitäytelangalla
141	TIG-hitsaus umpilangalla
142	TIG-hitsaus ilman lisäainetta
143	TIG-hitsaus täytelangalla
145	TIG-hitsaus umpilangalla ja pelkistävällä kaasulla
15	Plasmahitsaus
21	Pistehitsaus
22	Kiekkohitsaus
311	Kaasuhitsaus (happi-asetyleeni)
41	Ultraäänihitsaus
52	Laserhitsaus
81	Polttoleikkaus
83	Plasmaleikkaus
84	Laserleikkaus
9	Juotto

Kuva 16.1 Hitsaus-, leikkaus- ja juottoprosessien numerotunnuksia.

Hitsausmerkintöjä käsittelevässä standardissa on täydellinen luettelo eri prosessien numerotunnuksista.

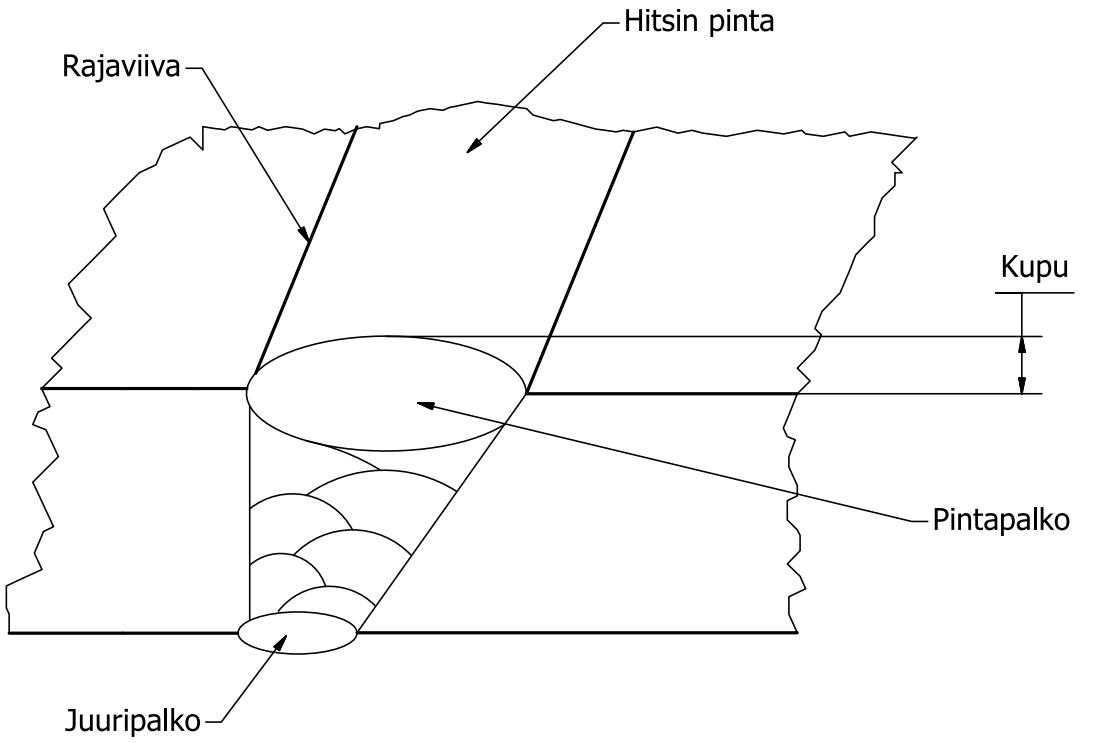
puikkohitsaus	*metal arc welding with*
kaasuhitsaus	*gas welding*
MIG-hitsaus	*MIG-welding*
MAG-hitsaus	*MAG-welding*
täytelankahitsaus	*flux-cored arc welding*
TIG-hitsaus	*TIG-welding*
jauhekaarihitsaus	*submerged arc welding*
laserhitsaus	*laser welding*
plasmahitsaus	*plasma arc welding*
pistehitsaus	*spot weld*
kiekkohitsaus	*seam weld*



Kuva 16.2 Tavanomaisia hitsauksen railomuotoja ja niihin liittyviä peruskäsitteitä:

a) I-railo, b) V-railo, c) Osatiivistetty V-railo, d) X-railo, e) J-railo

Kuva 16.3 Valmiiseen puoli-V-hitsiin liittyviä peruskäsitteitä.

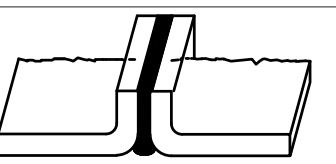
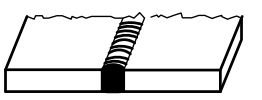
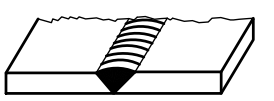
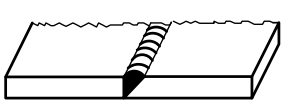
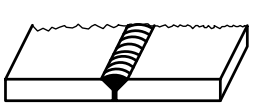
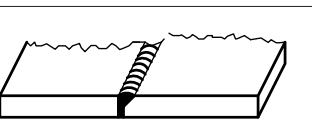


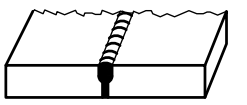
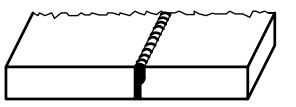
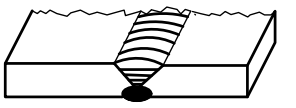
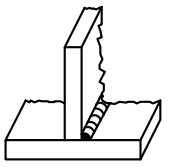
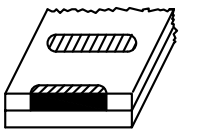
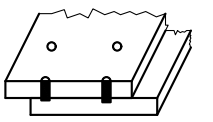
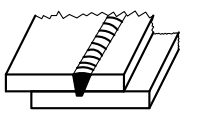
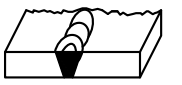
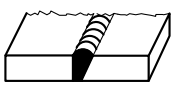
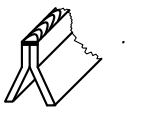
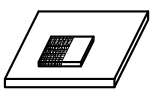
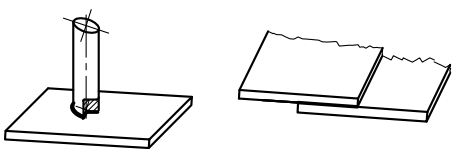
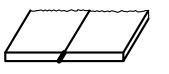
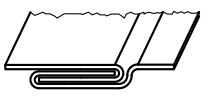
perusaine	*parent metal*
hitsauslisäaine	*filler metal*
hitsauspuikko	*covered electrode*
hitsauslanka	*wire electrode*
suojakaasu	*shielding gas*

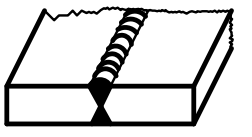
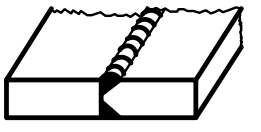
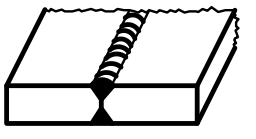
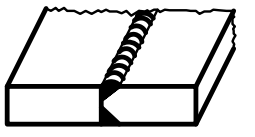
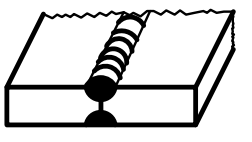
16.1 Perusmerkit ja lisämerkit

Hitsin tunnuksena on perusmerkki, joka kuvaa hitsattavan railon muotoa tai hitsin poikkileikkausta. Oheisissa taulukoissa esitetään hitsien perusmerkit ja lisämerkit. Perusmerkkejä voidaan tarvittaessa käyttää myös yhdistettyinä. Perusmerkit ja niiden yhdistelmät voidaan vielä täydentää lisämerkillä, joka kuvaa hitsin pinnan muotoa.

Kuva 16.4 Hitsien perusmerkit kuvaavat hitsattavaa railoa tai hitsin poikkileikkausta.

Hitsi	Perusmerkki	Hitsausliitoksen kuva
Laippahitsi, laipat ovat sulaneet täydellisesti		
I-hitsi		
V-hitsi		
Puoli-V-hitsi		
V-hitsi, hitsattu osaviistettyyn V-railoon		
Puoli- V-hitsi, hitsattu osaviistettyyn puoli-V-railoon		

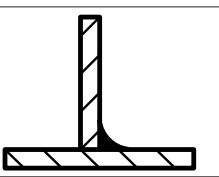
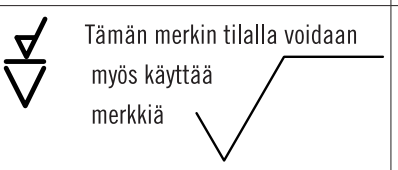
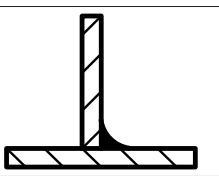
U-hitsi		
J-hitsi		
Juurihitsi		
Pienahitsi		
Tulppahitsi		
Pistehitsi		
Saumakehitsi		
Jyrkkäkylkinen V-hitsi		
Jyrkkäkylkinen puoli-V-hitsi		
Reunahitsi		
Päällehitsaus		
Pintaliitos		
Viisto päittäisliitos		
Hakaliitos (ohutlevysauma)		

Hitsi	Perusmerkkien yhdistelmä	Hitsausliitoksen kuva
X-hitsi	X	
K-hitsi	K	
X-hitsi, osaviistetyssä railossa	Y	
K-hitsi, osaviistetyssä railossa	K	
Kaksois-U-hitsi	X	

Kuva 16.5 Esimerkkejä symmetristen hitsien perusmerkkien yhdistelmistä.

Hitsin pinnan muoto	Merkki
Tasahitsi	—
Kupuhitsi	⌒
Kouruhitsi	◡
Juoheva ylimeno hitsin ja perusaineen välillä	⌓
Kiinteän juurituen käyttö	M
Irrallisen juurituen käyttö	MR

Kuva 16.6 Hitsien lisämerkit kuvaavat pinnan muotoa tai juurituen käyttöä.

Hitsi	Merkkiyhdistelmä	Hitsausliitoksen kuva
Tasa-V-hitsi		
Kupu-X-hitsi		
Kourupienahitsi		
Tasajuuripallollinen tasa-V-hitsi		
Juuripallollinen V-hitsi osaviistetyssä V-railossa		
Viimeistelty tasa-V-hitsi		
Juoheva pienahitsi		

Kuva 16.7 Esimerkkejä hitsien perusmerkkien ja lisämerkkien soveltamisesta.

16.2 Hitsausmerkkien merkintä piirustuksiin

Piirustukseen merkitty hitsausmerkki kertoo hitsaajalle kaikki tarvittavat tiedot hitsaustyötä varten.

Merkintä koostuu viitenuolesta, merkintäviivasta ja katkoviivasta, sekä perusmerkistä tai perusmerkkien yhdistelmästä. Hitsausmerkinnässä voi tarvittaessa olla myös esimerkiksi hitsin pinnan muotoa ja hitsin mitoitusta kuvaavia tietoja. Edellisten lisäksi merkintään voidaan vielä liittää esimerkiksi hitsausprosessin merkintä, kehähitsin merkki, asennuksen yhteydessä suoritettavan hitsin merkki, juuren avausta ja hitsausta osoittava merkki, tai joitain muita hitsaajalle tärkeitä tietoja.

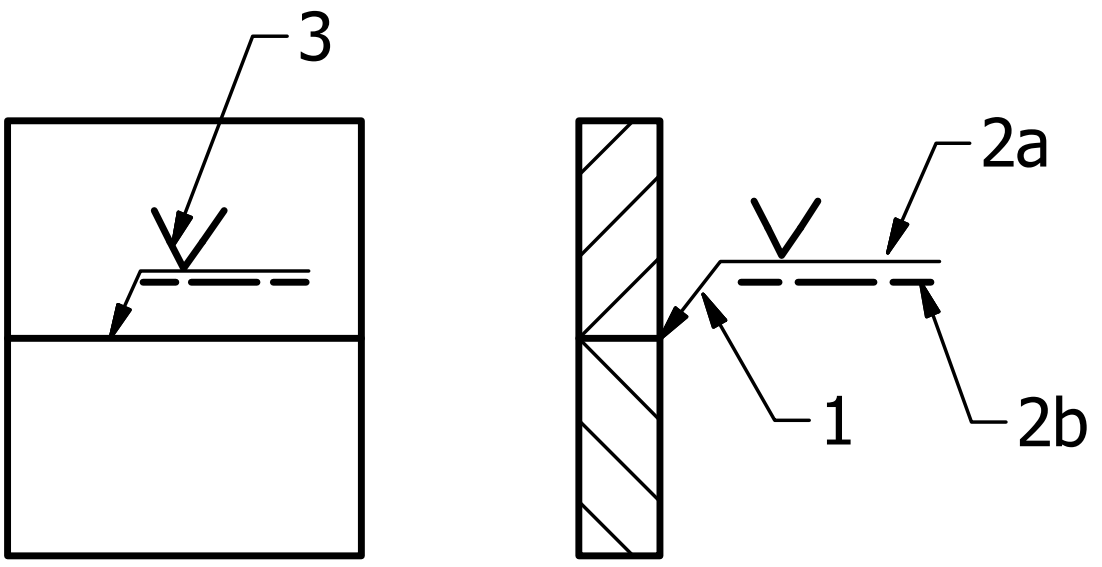
Viitenuoli. Tämä nuoli kohdistetaan hitsiin. Sen suunnalla ei ole merkitystä, paitsi puoli-V-hitsissä, jossa se osoittaa hitsausrailon viistettyä puolta.

Merkintäviiva. Muodostetaan viivaparista ehyt viiva ja katkoviiva. Viivat ovat kapeita viivoja. Yleensä merkintäviiva on vaakasuorassa, joskus kuitenkin se voidaan piirtää myös pystysuoraan. Jos kyseessä on symmetrinen hitsi, katsoviiva jätetään pois.

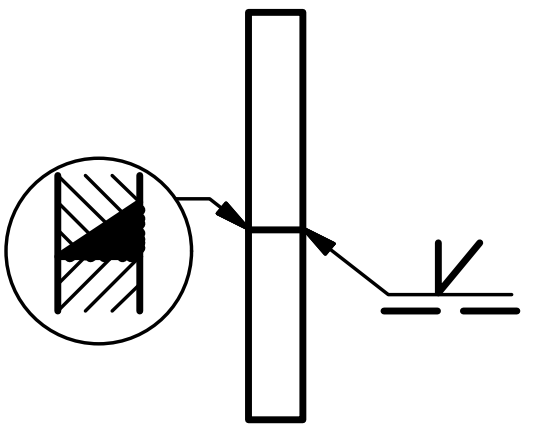
Perusmerkki. Sijoitetaan joko ehyen viivan tai katkoviivan puolelle. Ehyen viivan puolelle se sijoitetaan silloin, kun hitsi on piirustuksessa nuolen puolella. Vastaavasti katkoviivan puolelle se sijoitetaan silloin, kun hitsi on piirustuksessa nuolen vastapuolella.

Hitsin pinnan muoto. Muotoa kuvaava merkki liitetään perusmerkkiin tai perusmerkkien yhdistelmään.

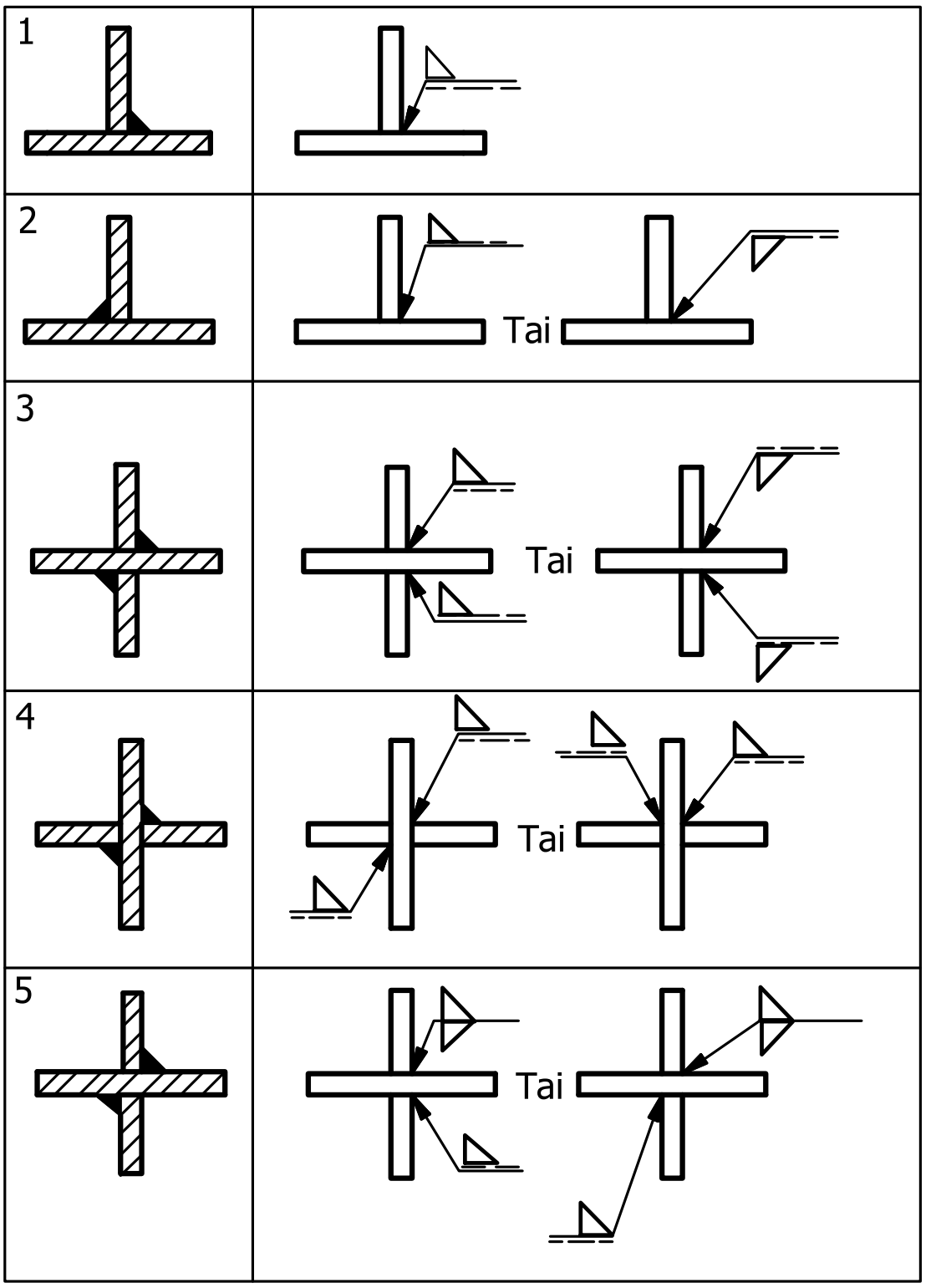
Hitsin mitoitus. Mitoitusta kuvaavat tiedot liitetään perusmerkin etupuolelle tai perusmerkin jälkeen. Hitsin poikkileikkauksen mitat tai hitsin a-mitta sijoitetaan perusmerkin vasemmalle puolelle (perusmerkin eteen). Hitsin pituutta osoittavat mitat sijoitetaan perusmerkin oikealle puolelle (perusmerkin jälkeen).



Kuva 16.8 Hitsausmerkintöjen sijoittaminen piirustukseen.
1 = viitenuoli
2a = merkintäviiva, ehyt viiva
2b = merkintäviiva, katkoviiva
3 = hitsin perusmerkki tai perusmerkkien yhdistelmä



Kuva 16.9 Puoli-V-hitsissä viitenuoli osoittaa hitsausrailon viistettyä puolta.



Kuva 16.10 Esimerkkejä viitenuolen puolen ja viitenuolen vastapuolen hitsausmerkinnöistä.

Kehähitsi. Merkkiä käytetään, kun jokin osa hitsataan ympärihitsauksena. Kehähitsin merkki on viitenuolen ja merkintäviivan taitekohdassa oleva pieni ympyrä. Hitsattavan osan ei välttämättä tarvitse olla poikkileikkaukseltaan pyöreä, vaan se voi olla muunkin muotoinen.

Juurihitsi. Merkkiä käytetään, kun juuri halutaan hitsattavaksi joko avattuna tai avaamattomana.

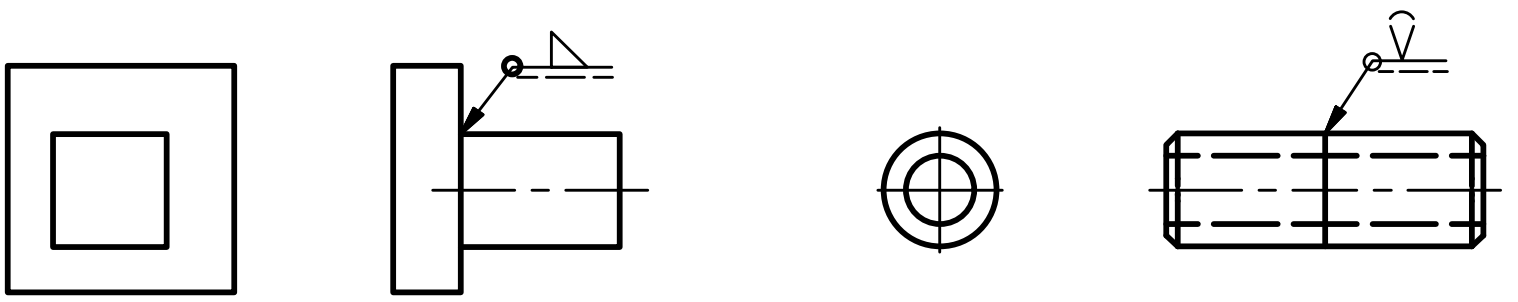
Juurihitsin merkki ilman lisämerkintää tarkoittaa avaamatonta railoa. Jos halutaan korostaa, että juuri avataan ennen sen puolelta hitsaamista, tehdään juurihitsin merkin viereen merkintä ”Avattu” tai ”Juuri hitsataan avattuna”. Standardissa ei ole erikseen merkkiä juuren avaamista varten, joten se on ilmoitettava tekstillä.

Asennushitsi. Merkkiä käytetään, kun halutaan ilmoittaa, että hitsi hitsataan myöhemmin vasta asennuspaikalla tehtävän asennustyön yhteydessä. Asennushitsauksen merkkinä on viitenuolen ja merkintäviivan taitekohdassa oleva varren päässä oleva musta kolmioviiri.

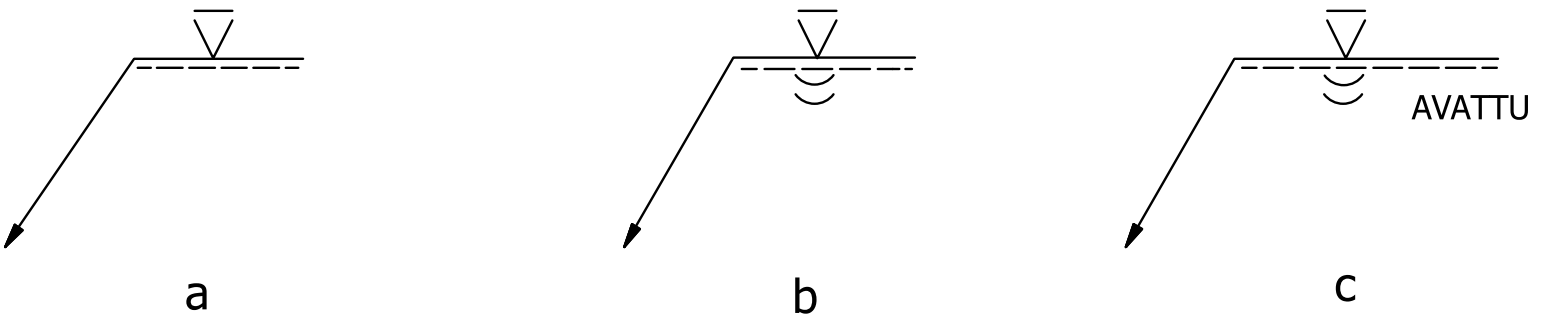
Hitsausprosessi. Merkintä tehdään silloin, kun halutaan määrätä, millä hitsausmenetelmällä työ pitää tehdä. Merkintä lisätään merkintäviivan pyrstöosaan.

Lisäohje tai **lisätieto.** Nämä tiedot voidaan myös merkitä merkintäviivan pyrstöosaan. Tällöin siihen piirretään suorakaide ja siihen numerotunnus, joka viittaa hitsausta koskeviin erillisiin lisäohjeisiin.

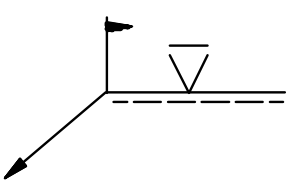
Lisäohjeet tai lisätiedot voidaan merkitä myös suoraan kirjoittamalla.



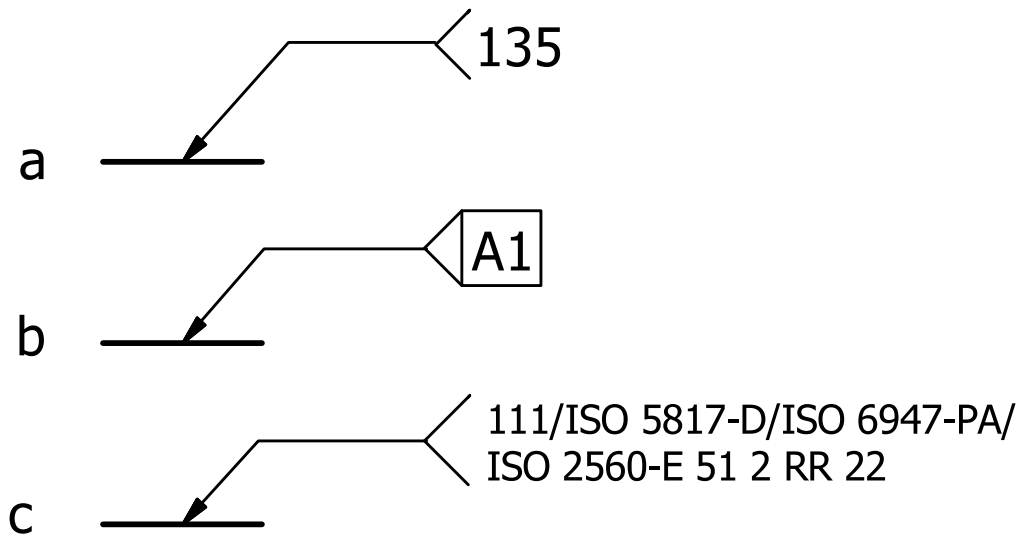
Kuva 16.11 Kehähitsin merkkiä käytetään ympärihitsauksen merkiksi.



Kuva 16.12 Juurihitsin merkkiä käytetään jos juuri määrätään hitsattavaksi juuren puolelta.
a) Juurihitsiä ei hitsata.
b) Juurihitsi hitsataan juurta avaamatta.
c) Juurihitsi hitsataan juuren avaamisen jälkeen.



Kuva 16.13 Asennushitsin merkkiä käytetään kun hitsaus tehdään vasta asennustyön yhteydessä.



Kuva 16.14 Esimerkkejä merkintäviivan pyrstöosaan tehdyistä lisämerkinnöistä.

a) Hitsausprosessiksi on määrätty 135 eli MAG-hitsaus.

b) Tässä viitataan hitsausta koskeviin erillisiin lisäohjeisiin A1.

c) Juuripalollisen V-hitsin lisätiedot ovat seuraavat:

– puikkohitsaus (111)

– hitsiluokka (ISO 5817-D)

– jalkoasento (ISO 6947-PA)

– hitsauspuikko (ISO 2560-E 51 2 RR 22).

Standardin mukaiset hitsausluokat:

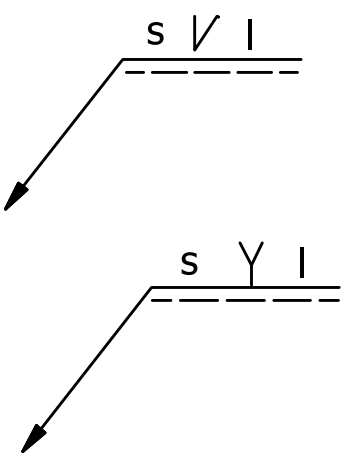
D = tyydyttävä

C = hyvä

B = vaativa

Hitsin mitoitus

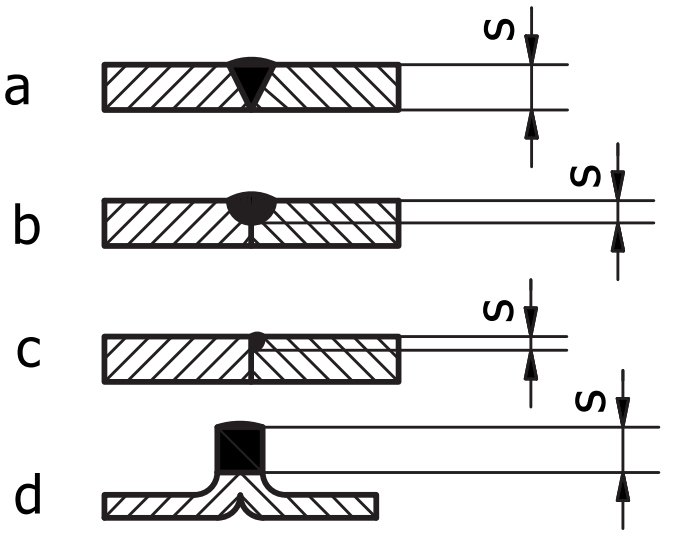
Hitsausmerkintä sisältää yleensä myös hitsaussaumaan liittyvää mitoitusta. **Päittäisliitoksissa** määrätään hitsisauman paksuus s, joka merkitään perusmerkin eteen. Lisäksi voidaan määrätä hitsisauman pituus l, joka merkitään perusmerkin jälkeen.



Kuva 16.15 Mitan s ja mitan l paikat päittäisliitoksissa:

s = hitsin paksuus [mm]

l = hitsin pituus [mm]



Kuva 16.16 Mitan s määräytyminen päittäisliitoksissa.

a) V-hitsissä hitsin paksuus mitataan kappaleen pinnasta hitsin pohjaan. Yleensä se on sama kuin kappaleen paksuus. Jos hitsattavat osat ovat eripaksuisia, mitta määräytyy ohuemman osan mukaan. Kupuhitsi ei lisää hitsin nimellispaksuutta.

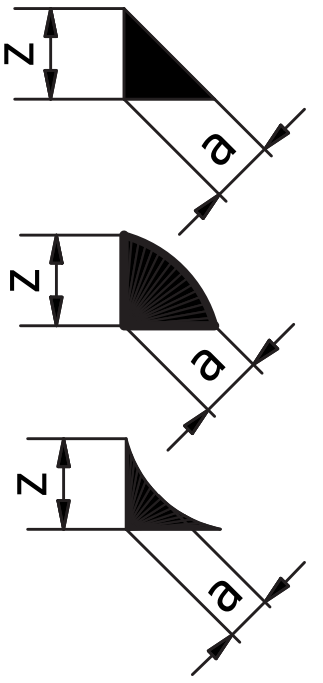
b) Osaviistetyssä V-hitsissä hitsin paksuus on kappaleen pinnan ja hitsin pohjan välinen mitta.

c) I-hitsissä hitsin paksuus mitataan kappaleen pinnasta hitsin pohjaan. Läpimenevässä I-hitsissä mitta on sama kuin kappaleen paksuus.

d) Laippahitsissä hitsin paksuus mitataan hitsin pinnasta hitsin pohjaan.

Pienaliitoksissa määrätään hitsisauman paksuus yleensä a-mittana [mm], joka merkitään perusmerkin eteen. Hitsisauman paksuus voidaan määrätä myös z-mittana [mm]. Edellisten lisäksi hitsisauman pituus merkitään vastaavalla tavalla kuin päittäisliitoksissakin.

hitsin a-mitta *design throat thickness*



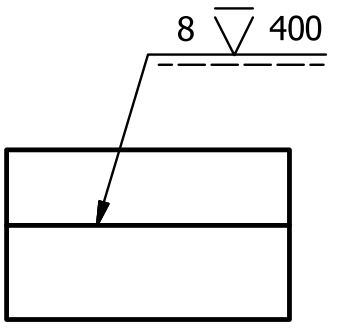
Kuva 16.17 Pienahitsin paksuusmitta voidaan antaa joko *a*-mittana tai *z*-mittana.

$$z = a\sqrt{2}$$

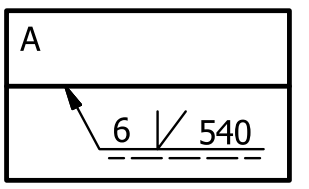
Hitsaa työpajalla kolme erilaista pienahitsiä siten, että kaikissa on sama a-mitta.

Hitsin pinnan muodot ovat tasahitsi, kupuhitsi ja kouruhitsi.

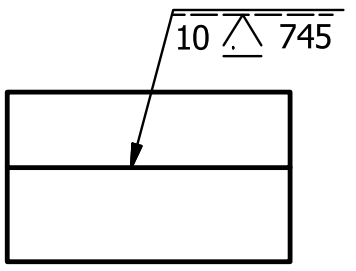
V-hitsi, tasahitsi. Hitsin paksuus $s = 8$ mm ja pituus $l = 400$ mm. Hitsaus on tehty näkyvältä puolelta.



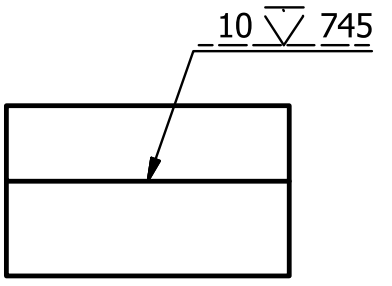
Puoli-V-hitsi. Pinnan muotoa ei ole määritelty. Levy A on viistetty. Hitsin paksuus $s = 6$ mm ja pituus $l = 540$ mm. Hitsaus on tehty näkyvältä puolelta.



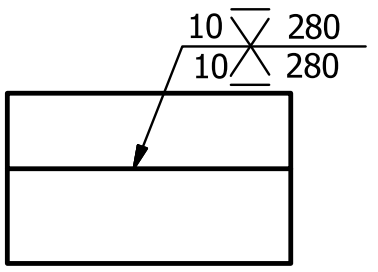
V-hitsi, tasahitsi. Hitsin paksuus $s = 10$ mm ja pituus $l = 745$ mm. Hitsaus on tehty näkymättömältä puolelta.



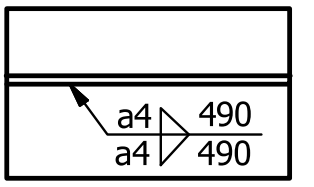
V-hitsi, tasahitsi. Hitsin paksuus $s = 10$ mm ja pituus $l = 745$ mm. Hitsaus on tehty näkymättömältä puolelta. (Tämä on vaihtoehtoinen merkintä viereisen kuvan kanssa.)



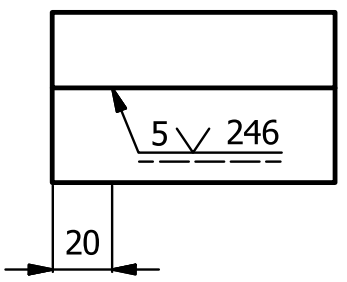
X-hitsi eli molemmilta puolin hitsattu V-hitsi, tasahitsi. Hitsin paksuus yhteensä $s = 20$ mm ja pituus $l = 280$ mm.



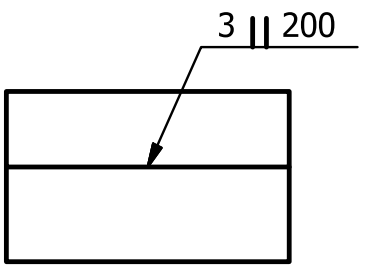
Molemmin puolin hitsattu pienahitsi. Pinnan muotoa ei ole määritelty. Hitsin paksuus $a = 4$ mm ja pituus $l = 490$ mm.



V-hitsi. Pinnan muotoa ei ole määritelty.
Hitsin paksuus $s = 5$ mm ja pituus $l = 246$ mm. Hitsaus on tehty näkyvältä puolelta. Jos hitsi ei ala liitoksen päästä, aloituskohta on mitoitettava erikseen. Tässä tapauksessa aloituskohta on 20 mm:n päässä levyn päädystä.



I-hitsi. Pinnan muotoa ei ole määritelty. Hitsin paksuus $s = 3$ mm ja pituus $l = 200$ mm.
Hitsaus on tehty näkyvältä puolelta.



Kuva 16.18 Esimerkkejä hitsien merkinnöistä.

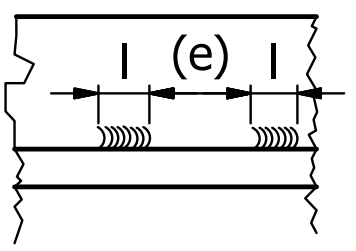
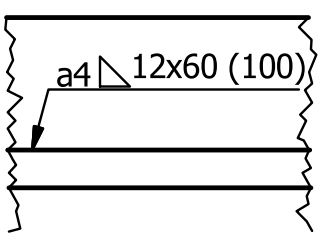
Katko- ja vuorohitsi. Mitoituksessa merkitään hitsisauman paksuus a (tai s) ja osahitsin pituus l. Lisäksi merkitään osahitsien lukumäärä n osahitsien väli e.

Tulppahitsi. Mitoituksessa merkitään hitsisauman (reiän) leveys c ja osahitsin (reiän) pituus l. Lisäksi merkitään tulppahitsien lukumäärä n ja osahitsien (reikien) väli e.

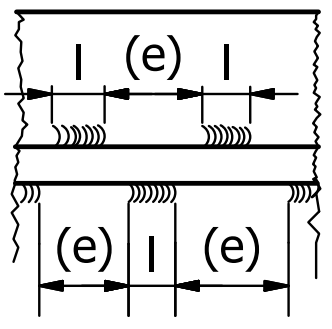
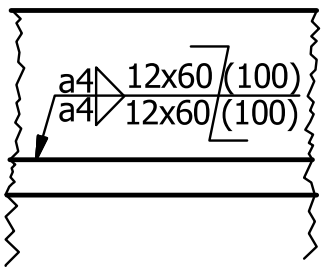
Jos tulppahitsissä reiät ovat pyöreitä, reiän leveyden ja pituuden tilalle merkitään reiän halkaisija d.

Katkosaumakehitsi. Mitoituksessa merkitään hitsisauman leveys c ja osahitsin pituus l. Lisäksi merkitään saumakehitsien lukumäärä n ja osahitsien väli e.

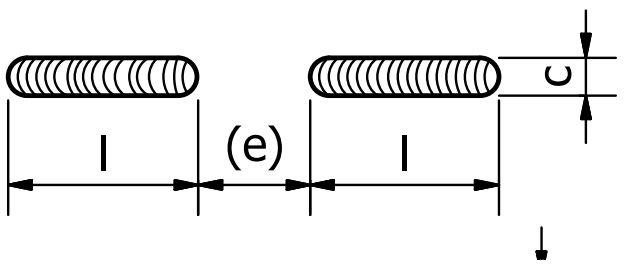
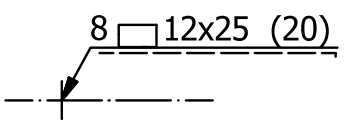
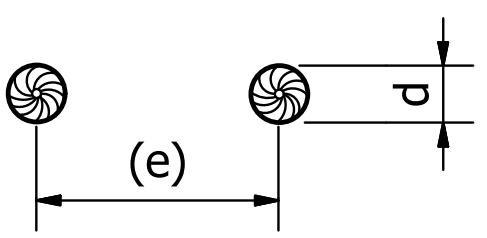
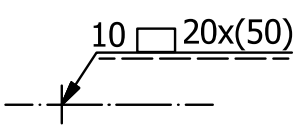
Pistehitsi. Mitoituksessa merkitään hitsipisteen halkaisija d. Lisäksi merkitään pistehitsien lukumäärä n ja hitsipisteiden keskiöetäisyys e.

Katkohitsin kuvaus ja mitoitus	Esimerkki piirustusmerkinnästä Katkopienahitsi. Hitsin paksuus a = 4 mm. Osahitsejä on 12 kpl, ja niiden pituus l = 60 mm. Osahitsien väli e = 100 mm.
	

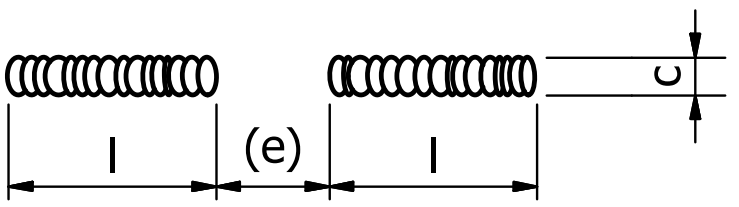
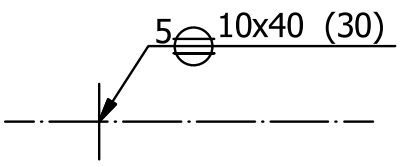
Kuva 16.19 Esimerkki katkohitsien mitoituksesta.

Vuorohitsin kuvaus ja mitoitus	Esimerkki piirustusmerkinnästä Vuoropienahitsi. Hitsin paksuus a = 4 mm. Osahitsejä on 12 kpl, ja niiden pituus l = 60 mm. Osahitsien väli e = 100 mm, ja niitä on vuorotellen molemmin puolin.
	

Kuva 16.20 Esimerkki vuorohitsien mitoituksesta.

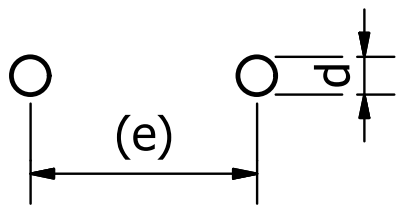
Tulppahitsin kuvaus ja mitoitus	Esimerkki piirustusmerkinnästä
	Tulppahitsi. Reiän leveys ennen hitsausta $c = 8$ mm. Tulppahitsejä on 12 kpl, ja niiden (reikien) pituus $l = 25$ mm ja väli $e = 20$ mm. Hitsaus on tehty näkyvältä puolelta. 
Tulppahitsin kuvaus ja mitoitus	Esimerkki piirustusmerkinnästä
	Tulppahitsi. Reiän halkaisija ennen hitsausta $d = 10$ mm. Tulppahitsejä on 20 kpl, ja niiden keskiöetäisyys $e = 50$ mm. Hitsaus on tehty näkyvältä puolelta 

Kuva 16.21 Esimerkkejä tulppahitsien mitoituksesta.

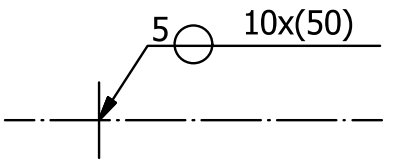
Kaksoissaumakehitsin kuvaus ja mitoitus	Esimerkki piirustusmerkinnästä
	 Katkosaumakehitsi liitoksen keskellä. Hitsin leveys $c = 5$ mm. Saumakehitsejä on 10 kpl, ja niiden pituus $l = 40$ mm ja väli $e = 30$ mm.

Kuva 16.22 Esimerkki katkosaumakehitsin mitoituksesta.

Pistehitsin kuvaus ja mitoitus

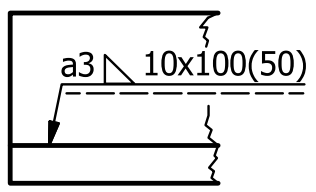


Esimerkki piirustusmerkinnästä
Pistehitsi. Hitsin halkaisija $d = 5$ mm. Hitsipisteitä on 10 kpl, ja niiden keskiöetäisyys $e = 50$ mm.

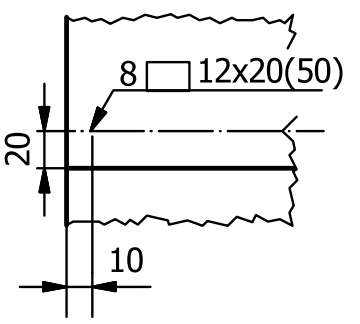


Kuva 16.23 Esimerkki pistehitsin merkinnöistä ja mitoituksesta.

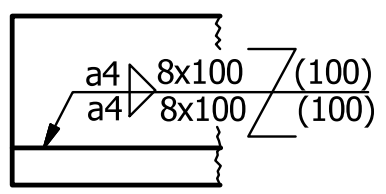
Katkopienahitsi. Pinnan muotoa ei ole määritelty.
Hitsin paksuus $a = 3$ mm. Osahitsejä on 10 kpl, ja niiden pituus $l = 100$ mm. Osahitsien väli $e = 50$ mm. Hitsaus on tehty näkyvältä puolelta.



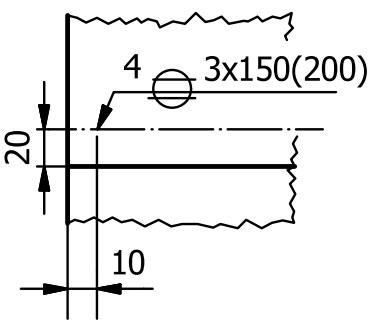
Tulppahitsi. Reiän leveys ennen hitsausta $c = 8$ mm. Tulppahitsejä on 12 kpl, ja niiden (reikien) pituus $l = 20$ mm ja väli $e = 50$ mm. Hitsaus on tehty näkyvältä puolelta. Aloituskohta on 10 mm reunasta.



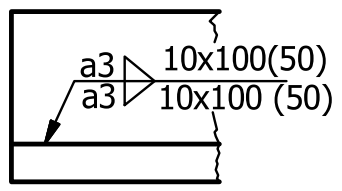
Vuoropienahitsi. Pinnan muotoa ei ole määritelty. Hitsin paksuus $a = 4$ mm. Osahitsejä on 8 kpl, ja niiden pituus $l = 100$ mm. Osahitsien väli $e = 100$ mm, ja niitä on vuorotellen molemmin puolin.



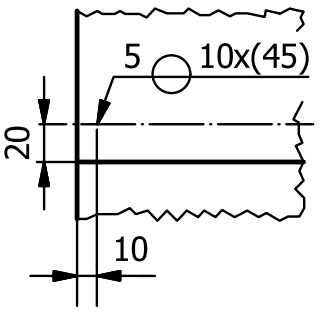
Katkosaumakehitsi liitoksen keskellä. Hitsin leveys $c = 4$ mm. Saumakehitsejä on 3 kpl, ja niiden pituus $l = 150$ mm ja väli $e = 200$ mm. Hitsaus on tehty näkyvältä puolelta. Aloituskohta on 10 mm reunasta.



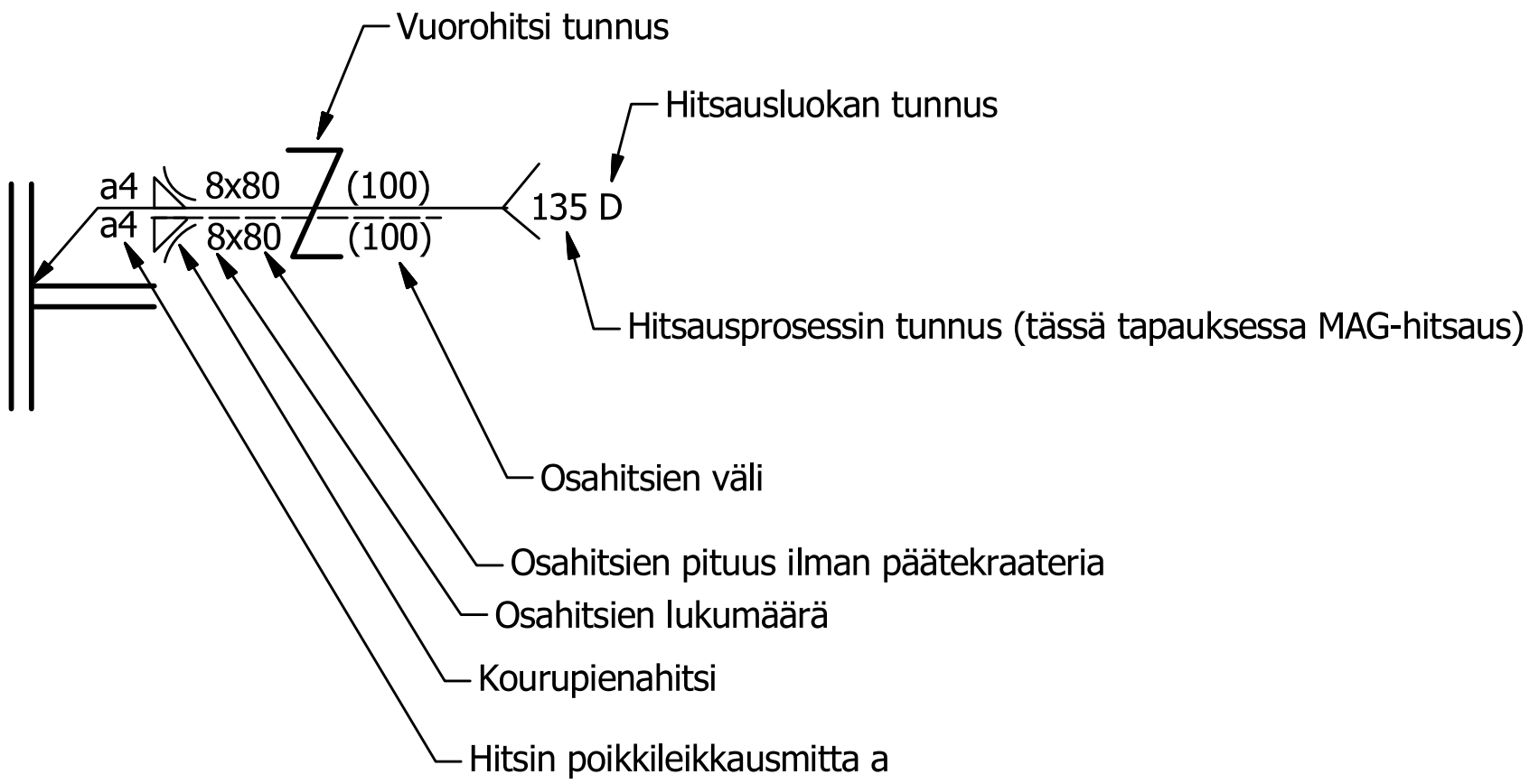
Paripienahitsi. Pinnan muotoa ei ole määritelty. Hitsin paksuus $a = 3$ mm. Osahitsejä on 10 kpl, ja niiden pituus $l = 100$ mm. Osahitsien väli $e = 50$ mm, ja niitä on samassa kohdin molemmin puolin.



Pistehitsi. Hitsin halkaisija $d = 5$ mm. Hitsipisteitä on 10 kpl, ja niiden keskiöetäisyys $e = 45$ mm. Aloituskohta on 10 mm reunasta.



Kuva 16.24 Esimerkkejä hitsien merkinnöistä ja mitoituksesta.



Kuva 16.25 Esimerkki hitsausmerkinnästä, joka sisältää paljon tietoja.

kertauskysymyksiä

1. Selosta, mitä oheiset hitsausmerkinnät kertovat hitsaajalle.

a)

b)

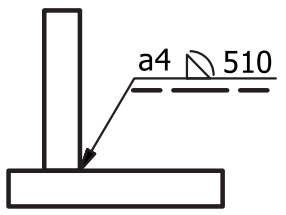
c)

d)

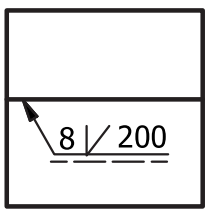
e)

f)

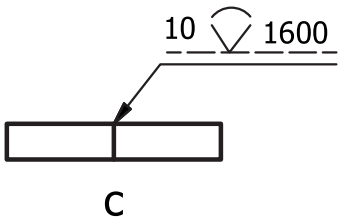
g)



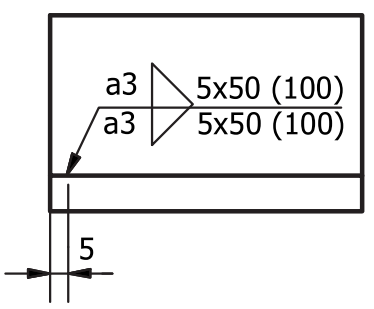
a



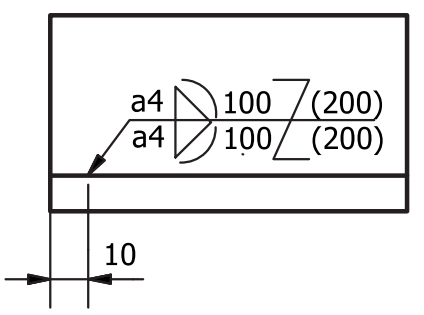
b



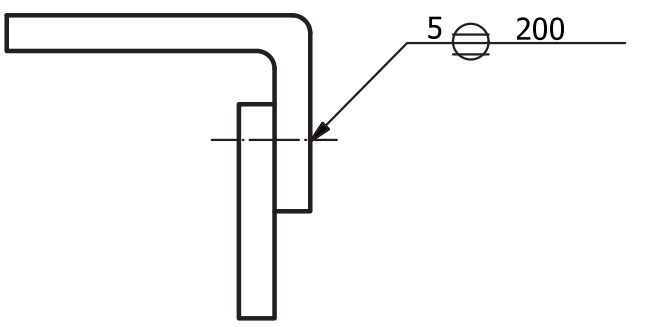
c



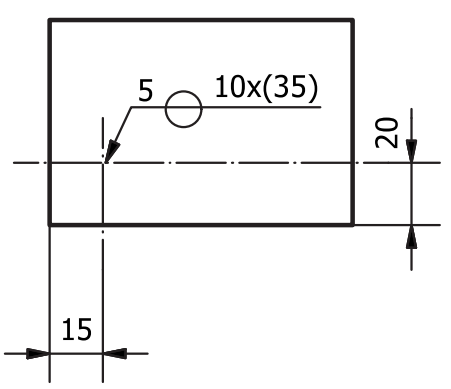
d



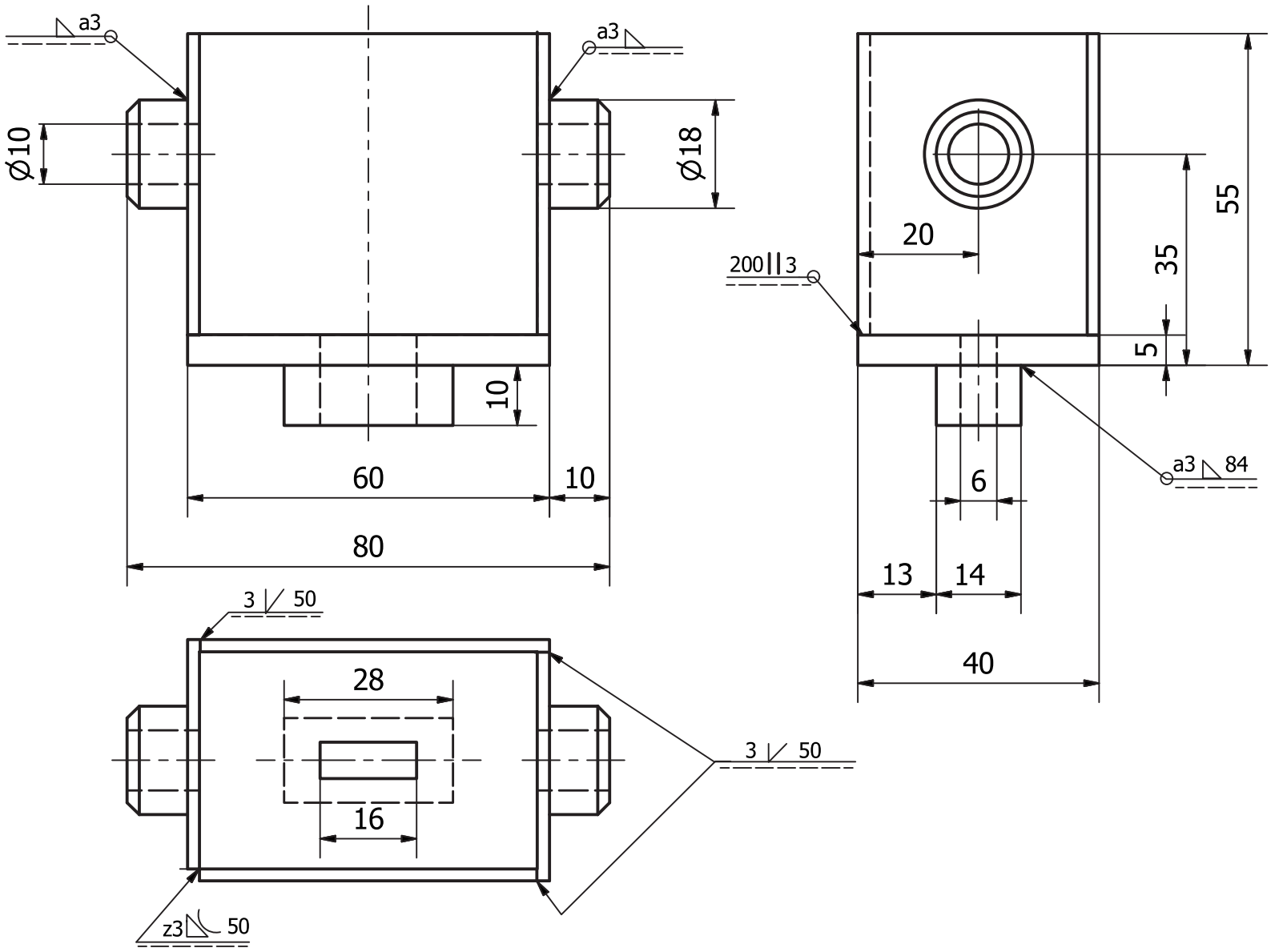
e



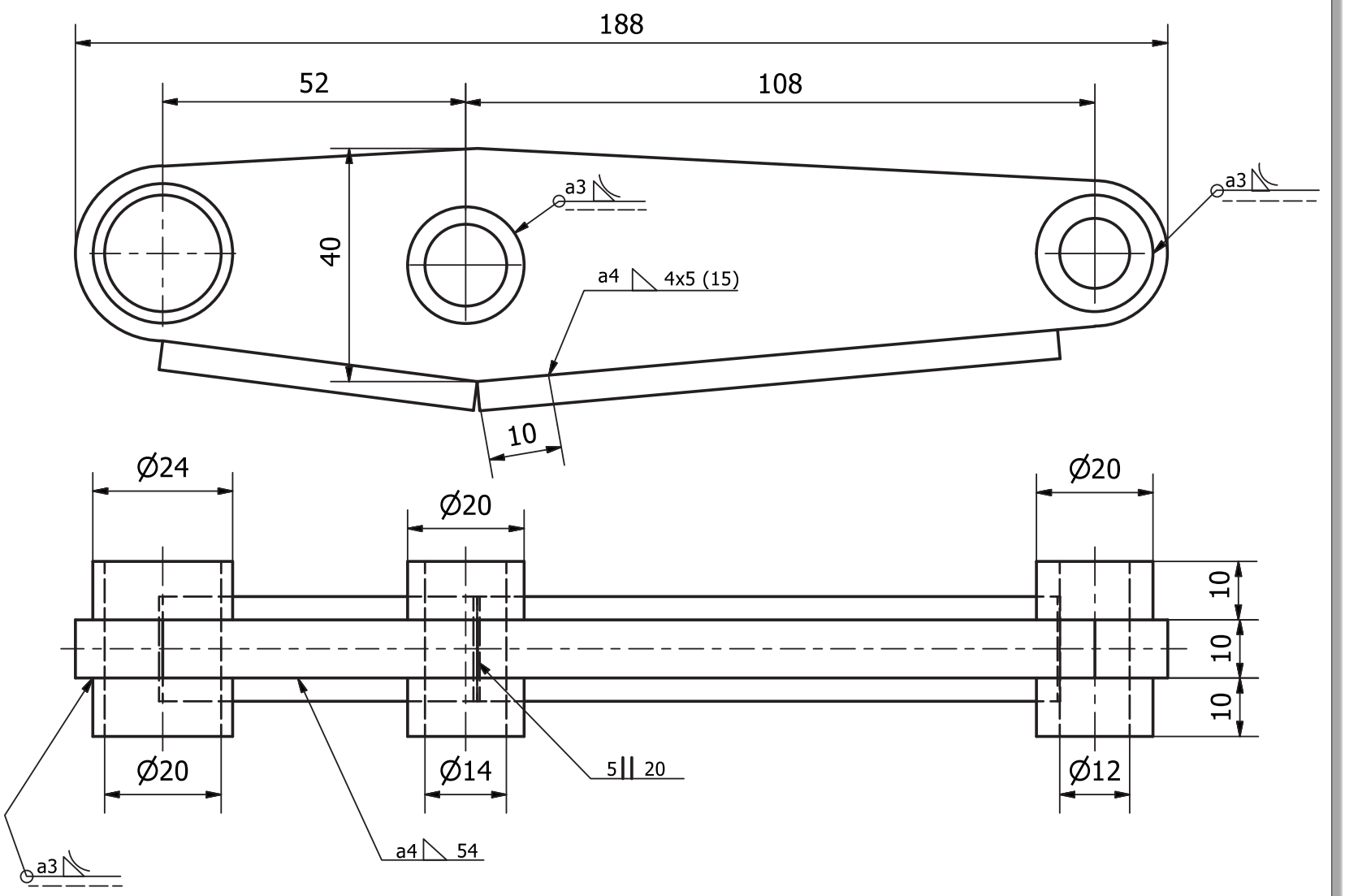
f



g



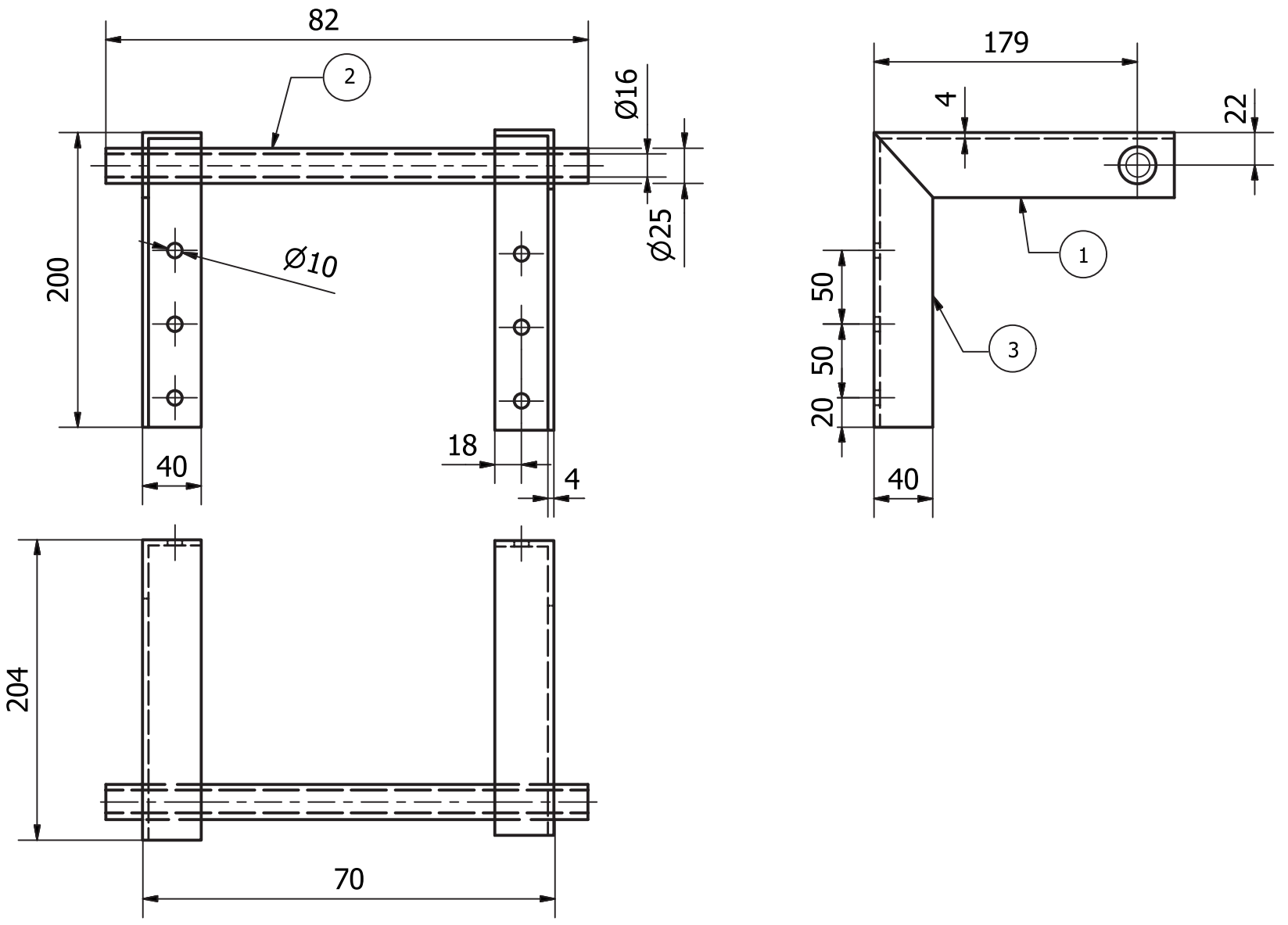
2. Tulkitse oheisesta piirustuksesta siihen merkityt hitsausmerkinnät.



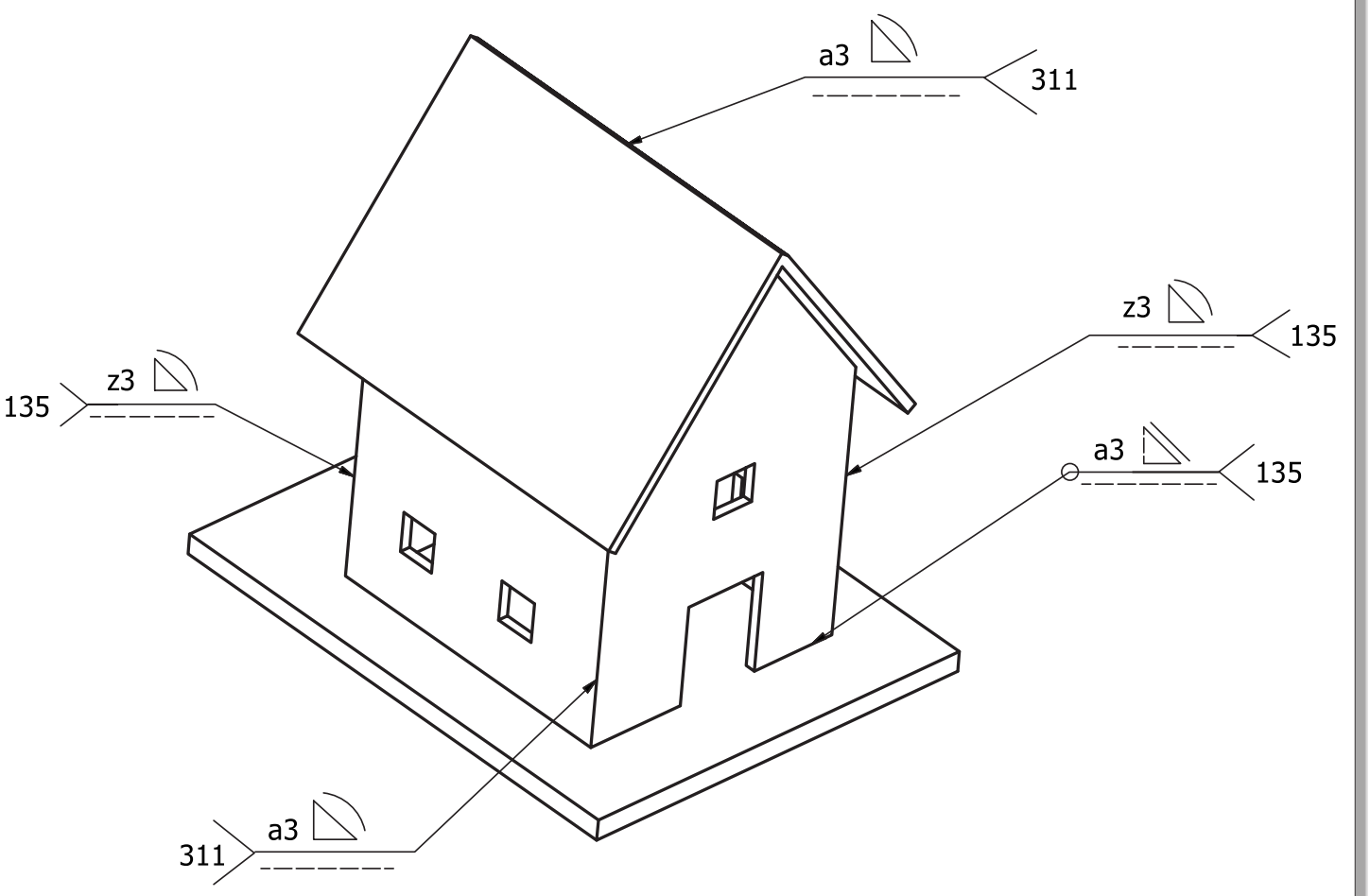
3. Tulkitse oheisesta piirustuksesta siihen merkityt hitsausmerkinnät.

4. Täydennä alla olevaa piirustusta merkitsemällä siihen tarvittavat hitsausmerkit.

   – Osa 2 hitsataan ulkopuolelta kumpaankin osaan 1 kiinni ympärihitsattavalla pienahitsillä, jonka a-mitta on 3 ja pinnan muoto kouru. Hitsaus tehdään MAG-hitsauksena.
   – Osat 1 hitsataan osiin 3 sisäpuolelta pienahitsillä, jonka a-mitta on 3 ja pinnan muoto kupu. Hitsaus tehdään MAG-hitsauksena.



5. Piirrä CAD-piirustusohjelmaa käyttämällä mitoitettu työpiirustus opettajan antamasta teräsrakenteisesta pumpun pedistä (tai muusta vastaavasta koneen rungosta). Merkitse piirustukseen myös kaikki tarvittavat hitsausmerkinnät.



1. Valmista oheisen kuvan mukainen teräslevystä suunniteltu tuote ja hitsaa siihen kaikki tarvittavat hitsisaumat kuvassa olevien hitsausmerkintöjen mukaisesti. Suunnittele tuotteen mitoitus itse. Mittaa ja arvioi valmistamisen jälkeen, ovatko kaikki hitsaamasi saumat kuvan hitsausmerkintöjen mukaisia.

   Arvio työn hitsaussaumojen onnistumisesta:

Hitsausmerkintöihin liittyviä standardeja

- **SFS-KÄSIKIRJA 54** Hitsaussanasto
- **SFS-KÄSIKIRJA 66-2** Hitsaus. Osa 2: Perussandardit ja hitsausliitosten suunnittelu
- **SFS-KÄSIKIRJA 66-8** Hitsaus. Osa 8: Hitsaajan standardit
- **SFS-EN ISO 17659** Hitsaus. Hitsausliitosten monikielinen kuvallinen sanasto
- **SFS-EN 22553** Hitsausliitokset ja juotokset. Merkinnät piirustuksiin
- **SFS-EN 287-1** Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset

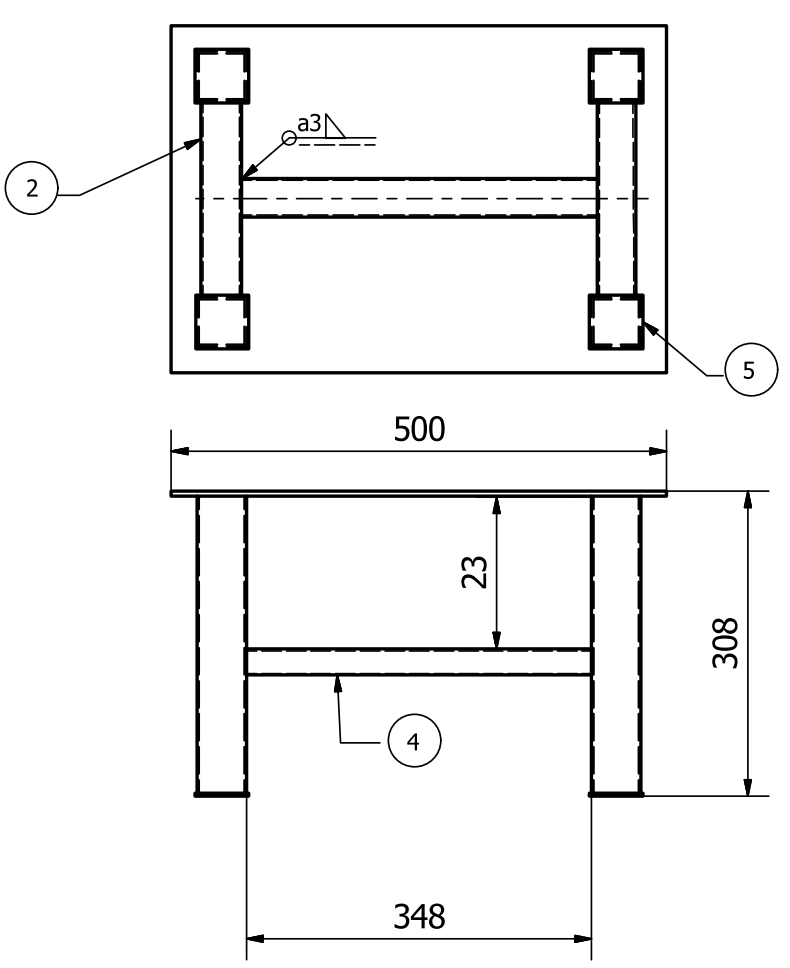
17 Muototeräkset

17.1 Teräsprofiilit ja teräslevyt

Hitsatut rakenteet koostuvat usein teräslevyistä ja erilaisista muototeräsprofiileista, minkä vuoksi teräsrakennepiirustuksien osaluetteloissa esitetään myös muototerästen ja teräslevyjen merkinnät.

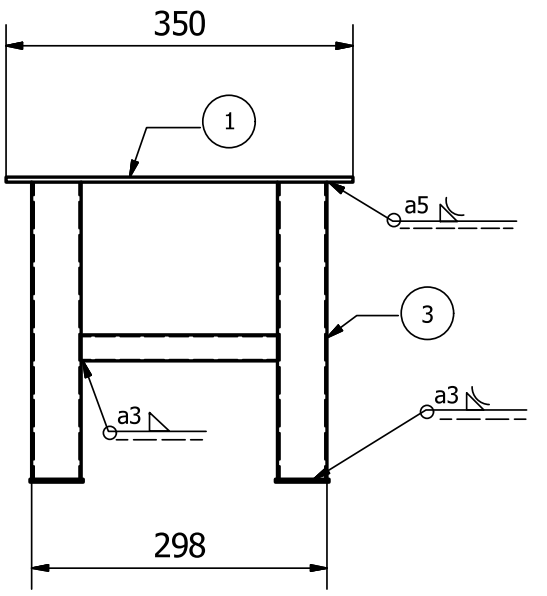
Merkinnästä ilmenevät esimerkiksi käytettävän teräspalkin tunnus (profiilin muoto), mitat, sekä materiaali.

Kuva 17.1 Esimerkki teräsrakennepiirustuksesta osaluetteloineen.

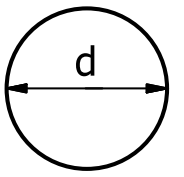
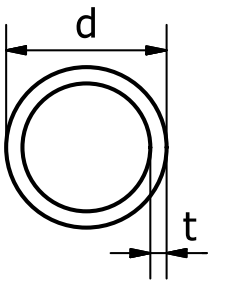
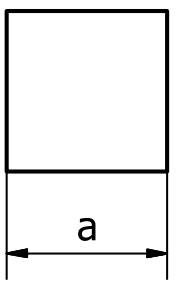
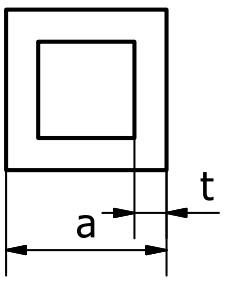
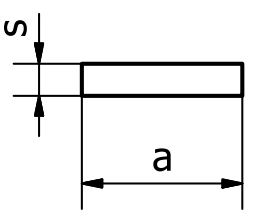
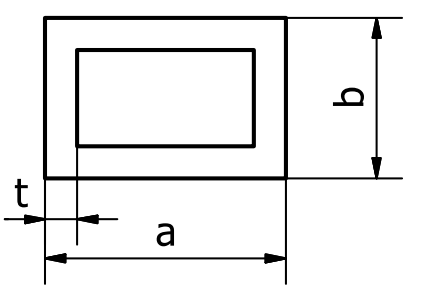
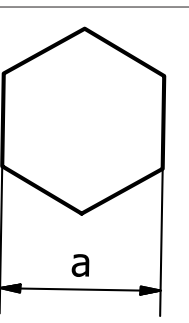


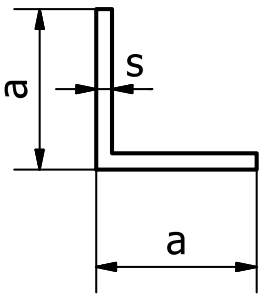
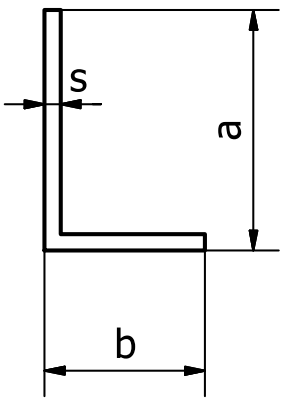
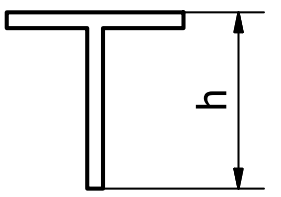
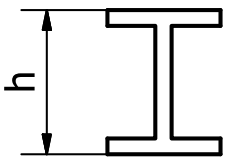
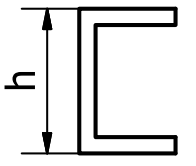
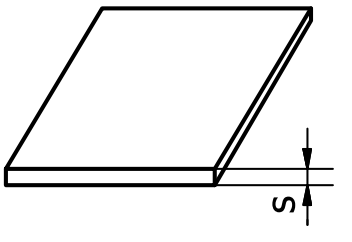
Osaluettelo

Osa	Kuvaus	Määrä	Aine	Viitaukset
5	Jalkalevy	4	S235JR	PL3x60x60
4	Tuki pitkä	1	S235J2H	□ 40x2,5-350
3	Jalka	4	S235J2H	□ 50x2,5-300
2	Tuki lyhyt	2	S235J2H	□ 40x2,5-200
1	Kansi	1	S235JR	PL5x500x350



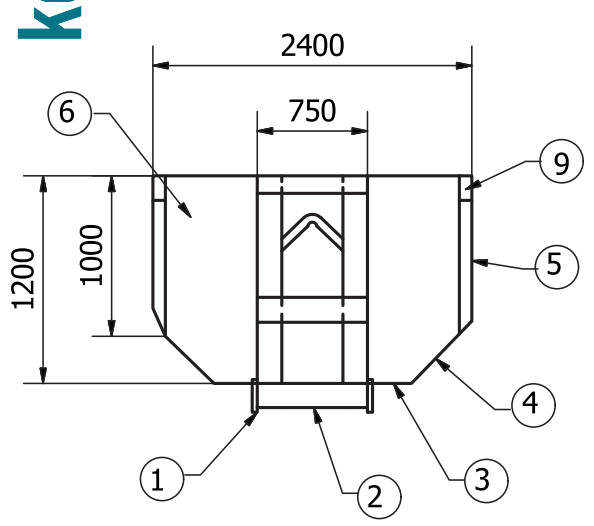
Tavallisimpien muototeräksien ja teräslevyjen merkintätapoja.

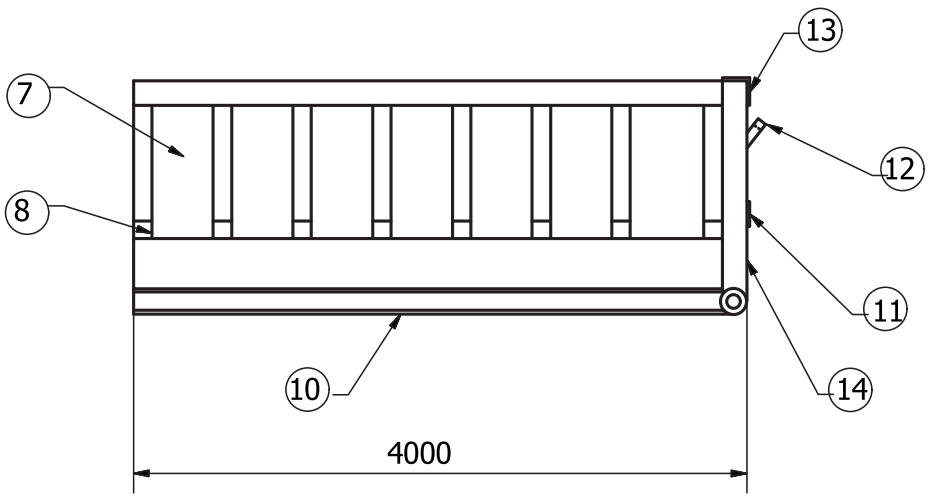
POIKKILEIKKAUS	MERKINTÄ		MITTOJEN TULKINTA	MERKINTÄESIMERKKI
	Tunnus	Mitat		
Pyörötanko	∅	d		∅ 20–2000
Putki	∅	d x t		∅ 12x1–2000
Neliötanko	□ tai 4k	a		25–2000 tai 4k–2000
Neliöputki	□	a x t		30x3–2000
Lattatanko	▭	a x s		25x 5–2000
Suorakulmioputki	▭	a x b x t		80x40x4–2000
Kuusiotanko	⬡ tai 6k			25 – 2000 tai 6k–2000

POIKKILEIKKAUS	MERKINTÄ		MITTOJEN TULKINTA	MERKINTÄESIMERKKI
	Tunnus	Mitat		
L-tanko, tasakylkinen	L	a x s		L 50x5–2000
L-tanko, erikylkinen	L	a x b x s		L 50x30x5–2000
T-tanko	T	h		T 50–2000
I-tanko	I	h		I 120–2000
U-tanko	U	h		U 200–2000
Teräslevy	Pl	s		Pl 6x500x1200

Tavanomainen teräslevyn materiaalimerkintä on esimerkiksi S235JRG2 ja pyöreän terästangon materiaalimerkintä esimerkiksi E295.

Osaluettelo				
Osa	Kuvaus	Määrä	Aine	Viittaukset
1	Ohjain	2	S235JRG2	Pl8 ∅ 120
2	Ohjainrulla	1	S355J2G3	∅101,6x12,5x850
3	Pohjalevy	1	S235JRG2	Pl16x1600x4000
4	Sivulevy	2	S235JRG2	Pl10x28x4000
5	Laidantuki	16	S235JRG2	U100x4000
6	Päätylevy	1	S235JRG2	Pl12x1200x2400
7	Laitalevy	2	S235JRG2	Pl8x1000x4000
8	Suoja	16	S235JRG2	Pl8x100x50
9	Ylätuki	2	S355J2H	▭ 100x50x6x4000
10	Pohjakisko	2	S235JRG2	IPE 120x4000
11	Tukilatta	1	S235JRG2	▬ 100x10x750
12	Nostokoukku	1	Fe 52 K	∅ 50 x 800
13	Kulmatuki	1	S235JRG2	L 100x10x750
14	Päädyntuki	2	S355J2H	Pl6x100x100x





1. a) Luettele oheisessa piirustuksessa käytetyt muototeräkset ja niiden mitat.

b) Luettele oheisessa piirustuksessa käytetyt teräslevyt ja niiden mitat.

2. Piirrä CAD-piirustusohjelmaa käyttämällä mitoitettu työpiirustus opettajan antamasta teräsrakenteisesta moottorin alustasta (tai muusta vastaavasta tuotteesta). Merkitse osaluetteloon myös kaikki tarvittavat muototeräkset ja teräslevyt.

1. Tutki oppilaitoksen materiaalivarastoa.

   a) Kuinka monta erilaista muototeräsprofiilia varastossa on? Luettele eri profiilit.

   b) Kuinka monta eripaksuista teräslevyä varastossa on? Luettele levyjen eri paksuudet.

Muototeräksiin liittyviä standardeja

- **SFS-KÄSIKIRJA 51-1** Teräs. Osa 1: Yleisstandardit
- **SFS-KÄSIKIRJA 51-2** Teräs. Osa 2: Kuumavalssatut rakenneteräkset. Ainestandardit
- **SFS-KÄSIKIRJA 51-3** Teräs. Osa 3: Ohutlevyteräkset. Ainestandardit
- **SFS-KÄSIKIRJA 51-4** Teräs. Osa 4: Ruostumattomat teräkset. Ainestandardit
- **SFS-KÄSIKIRJA 51-5** Teräs. Osa 5: Betoniteräkset. Yleis-, tuote- ja testausstandardit
- **SFS-KÄSIKIRJA 51-6** Teräs. Osa 6: Takeet. Yleis-, tuote- ja testausstandardit
- **SFS-KÄSIKIRJA 51-7** Teräs. Osa 7: Lämpökäsiteltävät teräkset. Ainestandardit
- **SFS-KÄSIKIRJA 53-1** Teräs. Tuotestandardit. Osa 1: Lanka-, tanko- ja levytuotteet sekä profiilit
- **SFS-ISO 5261** Tekniset piirustukset. Tankojen ja profiilien yksinkertaisettu esittäminen
- **SFS-EN ISO 1660** Tekniset piirustukset. Profiilien mitoitus ja tolerointi

18 Yksin-kertaistetut esitystavat

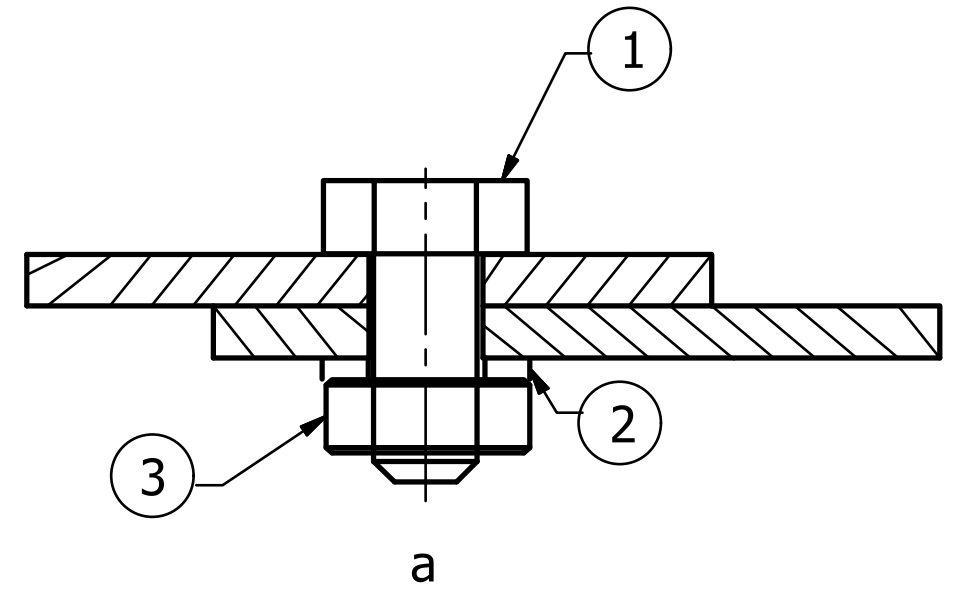
Koneenpiirustuksissa käytetään usein niin sanottuja yksinkertaistettuja esitystapoja, koska ne helpottavat ja nopeuttavat piirtämistä mutteivät silti vaikeuta piirustuksen lukemista ja tulkitsemista.

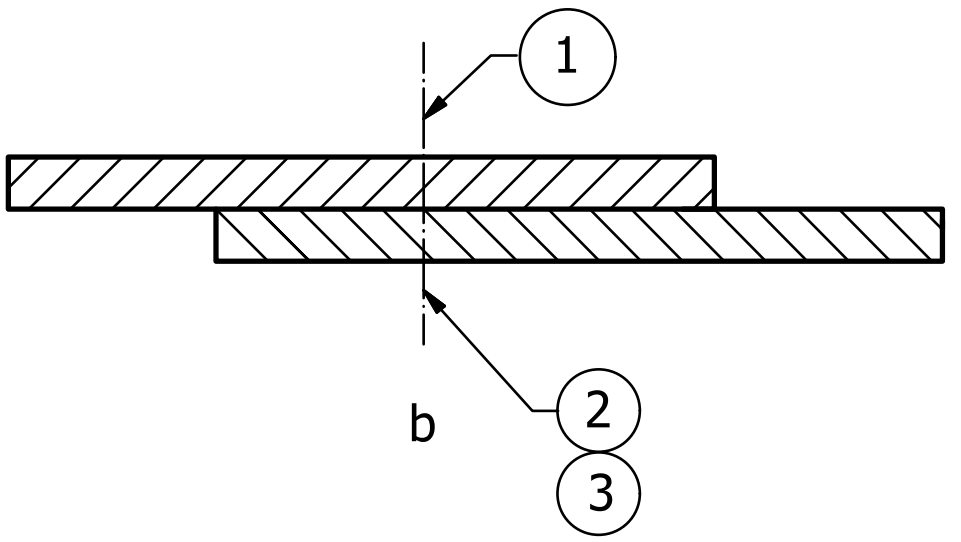
Yksinkertaistettuja esitystapoja käytetään esimerkiksi seuraavissa tapauksissa:

- kierrereiät, vaapaareiät ja upotukset
- keskiöporaukset
- laakerit ja tiivisteet
- hammaspyörät ja ketjupyörät
- voimansiirto
- jouset.

Seuraavassa on esimerkkejä erilaisista yksinkertaistetuista esitystavoista.

18.1 Kierrereiät, vapaareiät ja upotukset



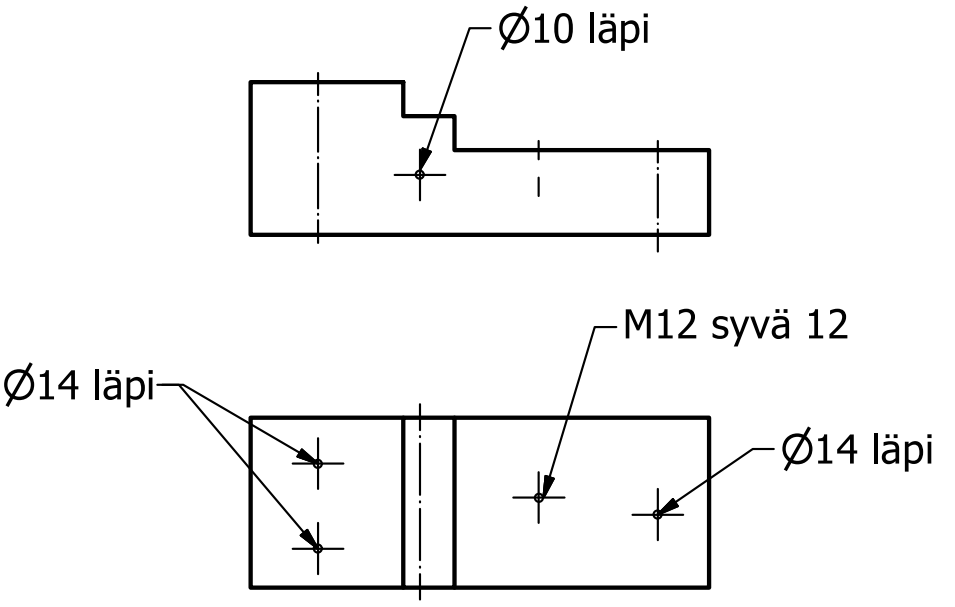


Kuva 18.1 Ruuviliitoksen yksinkertaistettu esitystapa.

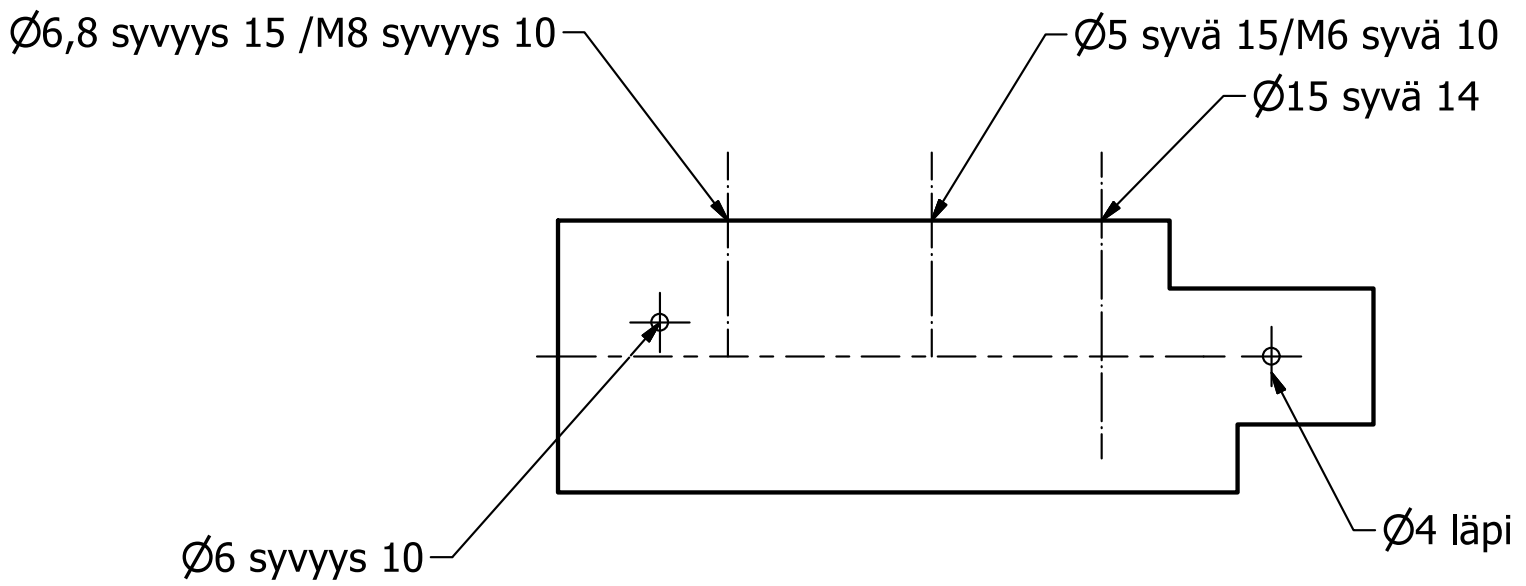
a) ruuviliitos kokonaan piirrettynä

b) sama ruuviliitos yksinkertaistettuna.

Osat on merkitty osanumeroilla.

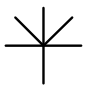
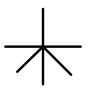
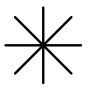
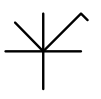
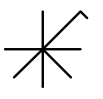
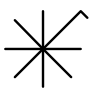


Kuva 18.2 Reikien ja kierrereikien yksinkertaistettuja esitystapoja.

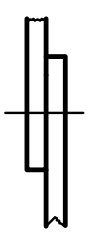
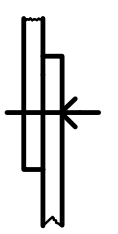
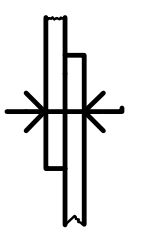
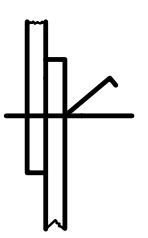
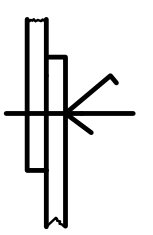
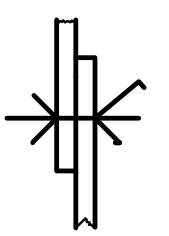


Kuva 18.3 Reikien ja kierrereikien yksinkertaistettuja esitystapoja.

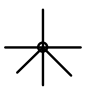
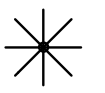
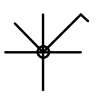
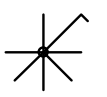
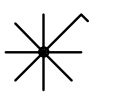
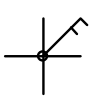
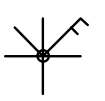
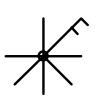
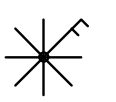
Kuva 18.4 Reikiin tulevat upotukset. Kuvat ovat päältä katsottuina.

Reikä	Reiän tunnus			
	Ilman upotusta	Upotus edessä	Upotus takana	Upotus molemmilla puolilla
Porataan valmistuksen yhteydessä konepajalla				
Porataan asennuksen yhteydessä asennuspaikalla				

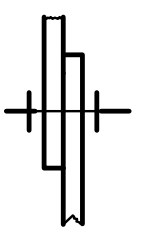
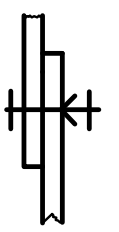
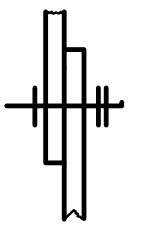
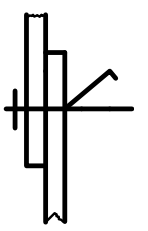
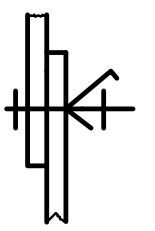
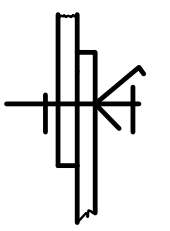
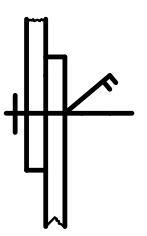
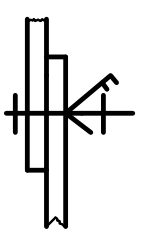
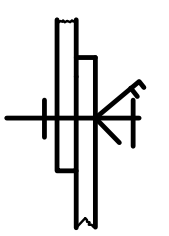
Kuva 18.5 Reikiin tulevat upotukset. Kuvat ovat sivulta katsottuina.

Reikä	Reiän tunnus		
	Ilman upotusta	**Upotus vain toisella puolella**	**Upotus molemmilla puolilla**
Porataan valmistuksen yhteydessä konepajalla			
Porataan asennuksen yhteydessä asennuspaikalla			

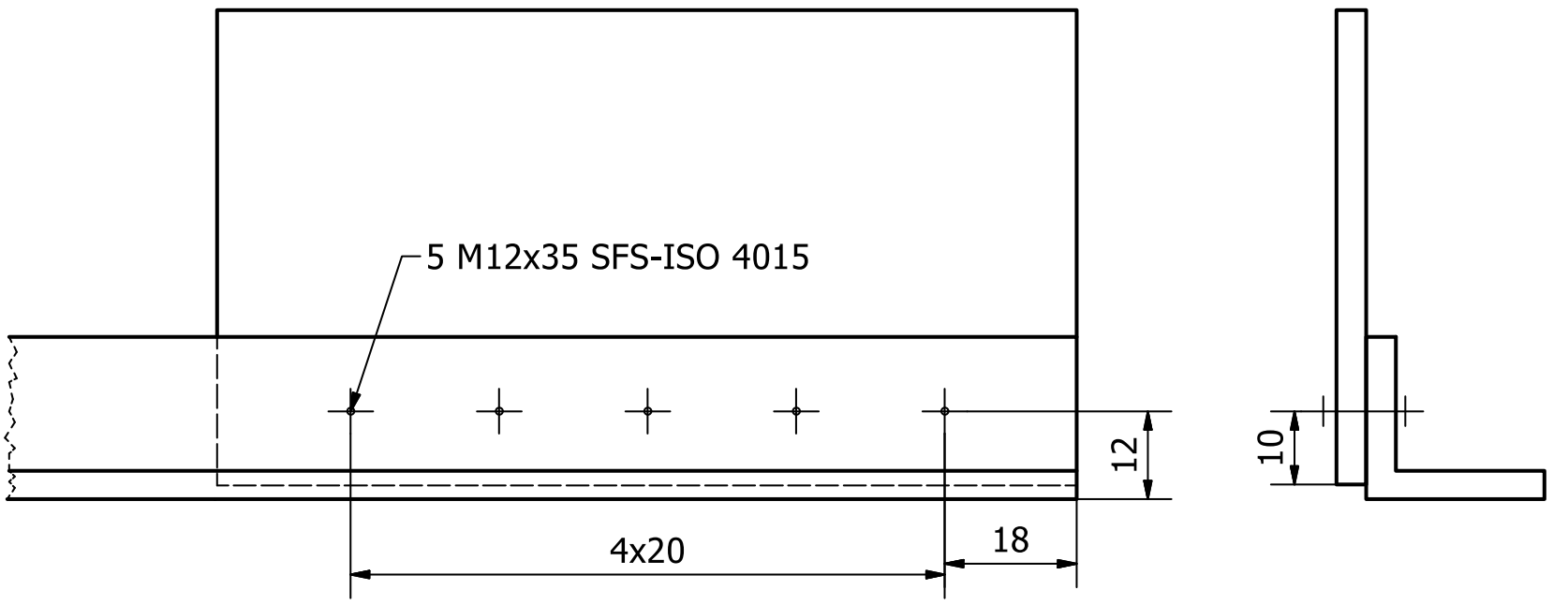
Kuva 18.6 Ruuvit tai niitit teräsrakenteiden kokoonpanopiirustuksissa. Kuvat ovat päältä katsottuina.

Ruuvi tai niitti	Reikään asennettavan ruuvin tai niitin tunnus			
	Ilman upotusta	**Upotus edessä**	**Upotus takana**	**Upotus molemmilla puolilla**
Asennetaan valmistuksen yhteydessä konepajalla				
Asennetaan kokoonpanon yhteydessä asennuspaikalla				
Asennetaan ja reikä porataan kokoonpanon yhteydessä asennuspaikalla				

reikä	*hole*
tuurna	*arbour*
jousi	*spring*

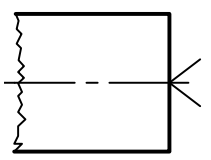
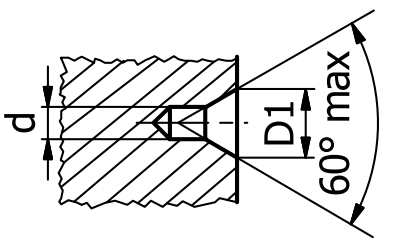
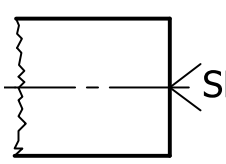
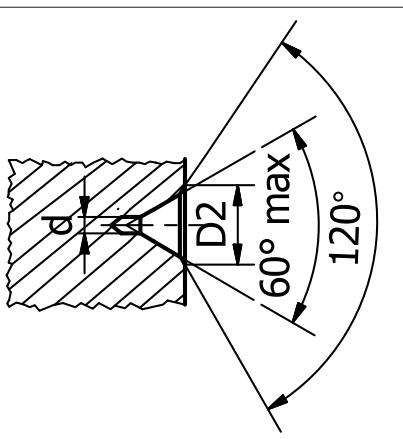
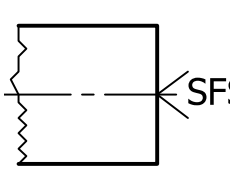
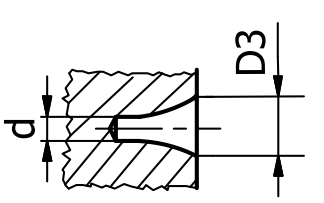
Ruuvi tai niitti	Reikään asennettavan ruuvin tai niitin tunnus		Ruuvin tunnus mutterin puolen ollessa määrätty
	Ilman upotusta	Upotus vain toisella puolella	
Asennetaan valmistuksen yhteydessä konepajalla			
Asennetaan kokoonpanon yhteydessä asennuspaikalla			
Asennetaan ja reikä porataan kokoonpanon yhteydessä asennuspaikalla			

Kuva 18.7 Ruuvit tai niitit teräsrakenteiden kokoonpanopiirustuksissa. Kuva on sivulta katsottuina.



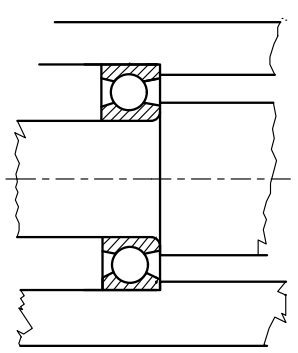
Kuva 18.8 Esimerkki teräsrakenteiden kokoonpanopiirustuksesta. Konepajalla on asennettu 5 kpl M12 x 35 SFS- ISO 4015 -ruuveja ilman upotusta. Mutterin puolta ei ole määritelty.

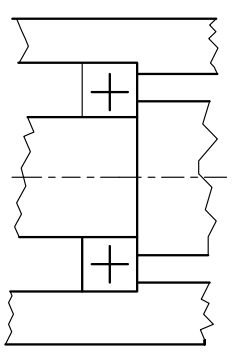
18.2 Keskiöporaukset

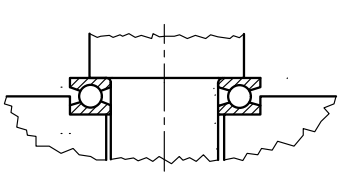
Keskiöporauksen muoto	Merkintä piirustukseen	Piirustusmerkinnän tulkinta
Muoto **A**		
Muoto **B**		
Muoto **R**		

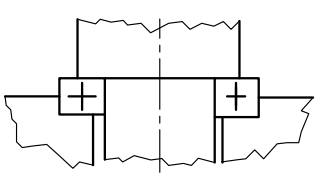
Kuva 18.9 Keskiöporaukset ja niiden piirustusmerkinnät. Tavallisempien pienten keskiöporien koot ovat Ø2,5, Ø3,15 ja Ø4 mm.

18.3 Laakerit ja tiivisteet



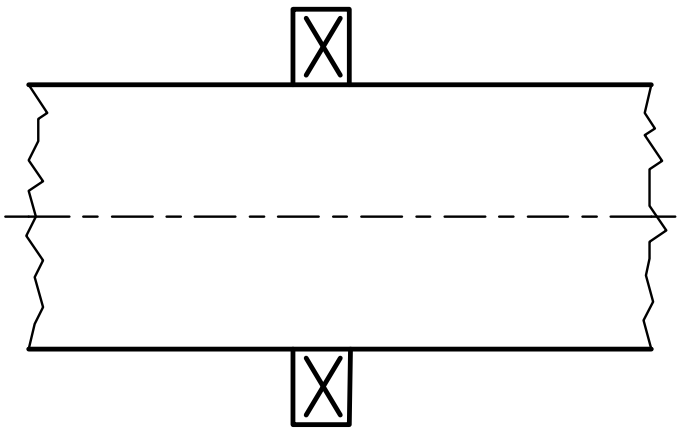




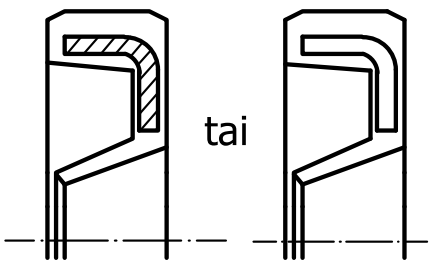
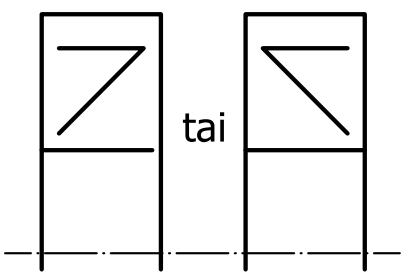
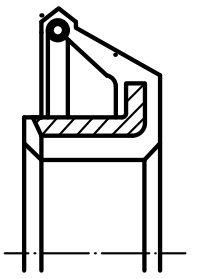
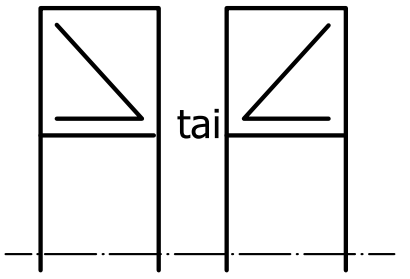
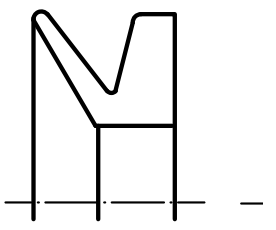
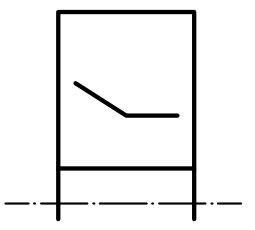
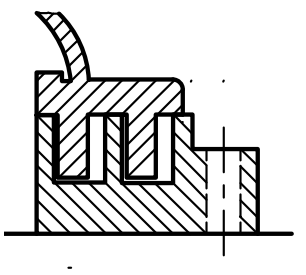
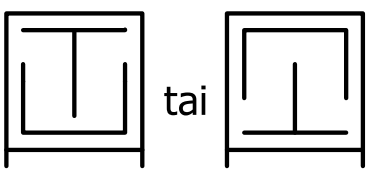


Kuva 18.10 Laakereiden yksinkertaistettu esitystapa.

Laakerin ääriviivat piirretään mittakaavan mukaisina. Vierintäelimen keskipisteeseen piirretään vaakasuorassa oleva risti. CAD-sovellusohjelmissa on runsaasti yksityiskohtaisempia laakereiden piirrosesimerkkejä:
a) säteislaakeri kokonaan piirrettynä
b) säteislaakeri yksinkertaistettuna
c) aksiaalilaakeri kokonaan piirrettynä
d) aksiaalilaakeri yksinkertaistettuna.

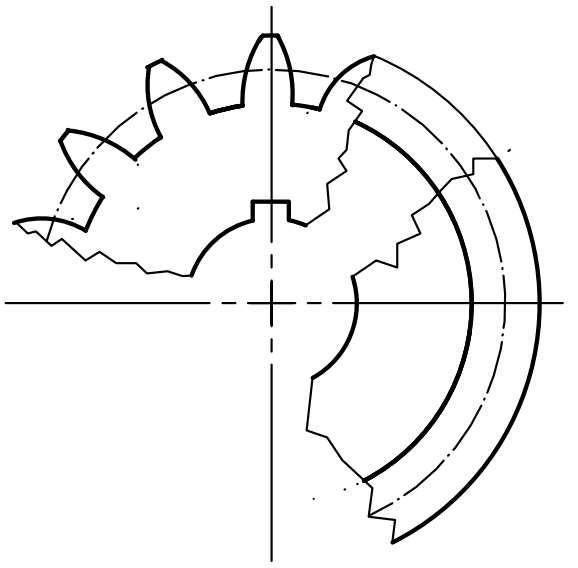


Kuva 18.11 Akselitiivisteen yksinkertaistettu esitystapa. Tiivisteen ääriviivat piirretään mittakaavan mukaisina. Nelikulmion keskelle piirretään vinoristi.

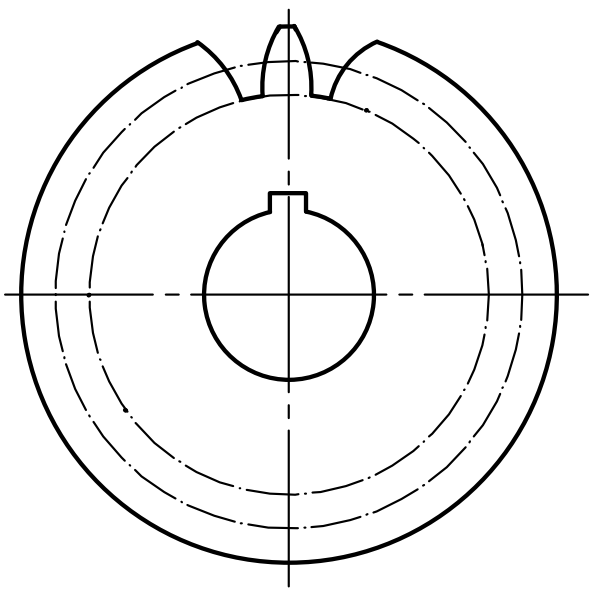
Tiivisteen leikkaus	Tiivisteen yksinkertaistettu esitys
	
	
	
	

Kuva 18.12 Eräiden erilaisten akselitiivisteiden yksinkertaistettuja esittämistapoja.

18.4 Hammaspyörät ja ketjupyörät

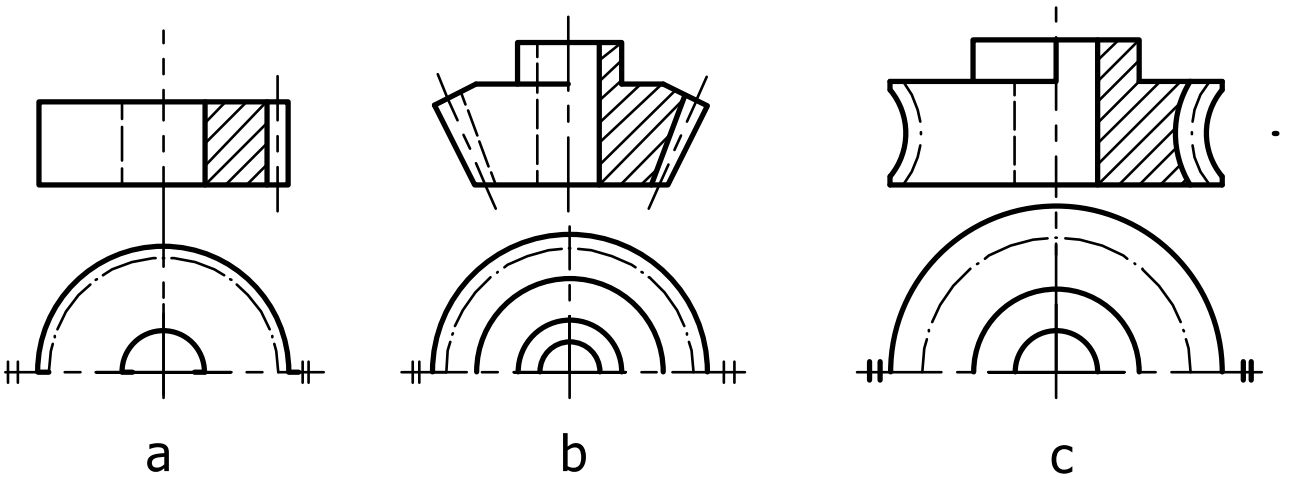


Kuva 18.13 Hammaspyörän todellinen muoto ja kaavioesitys. Kaavioesityksessä pääympyrä piirretään leveällä ehytviivalla (muotoviivalla), jakoympyrä kapealla pistekatkoviivalla ja tyviympyrä kapealla ehytviivalla.



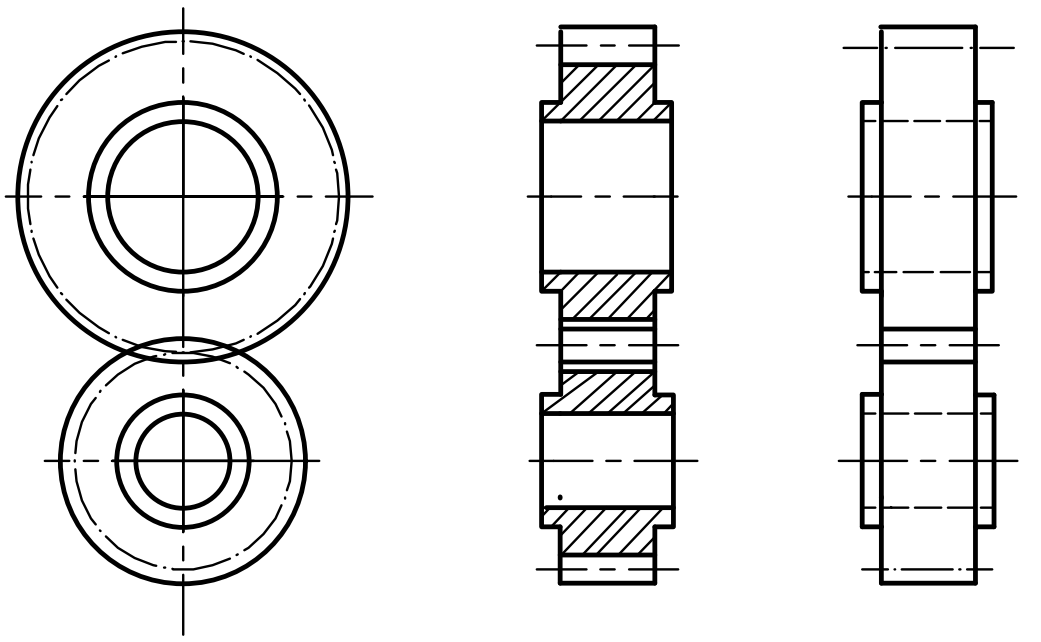
Kuva 18.14 Hammaspyörästä piirretään tarvittaessa yksi tai kaksi hammasta näkyviin esimerkiksi silloin, kun halutaan osoittaa, että kiilaura on tietyllä kohdalla hampaisiin verrattuna.

suorahampainen	*straight toothed*
vinohampainen	*oblique toothed, bevel toothed, angle toothed*
kartiohammaspyörä	*bevel gear*



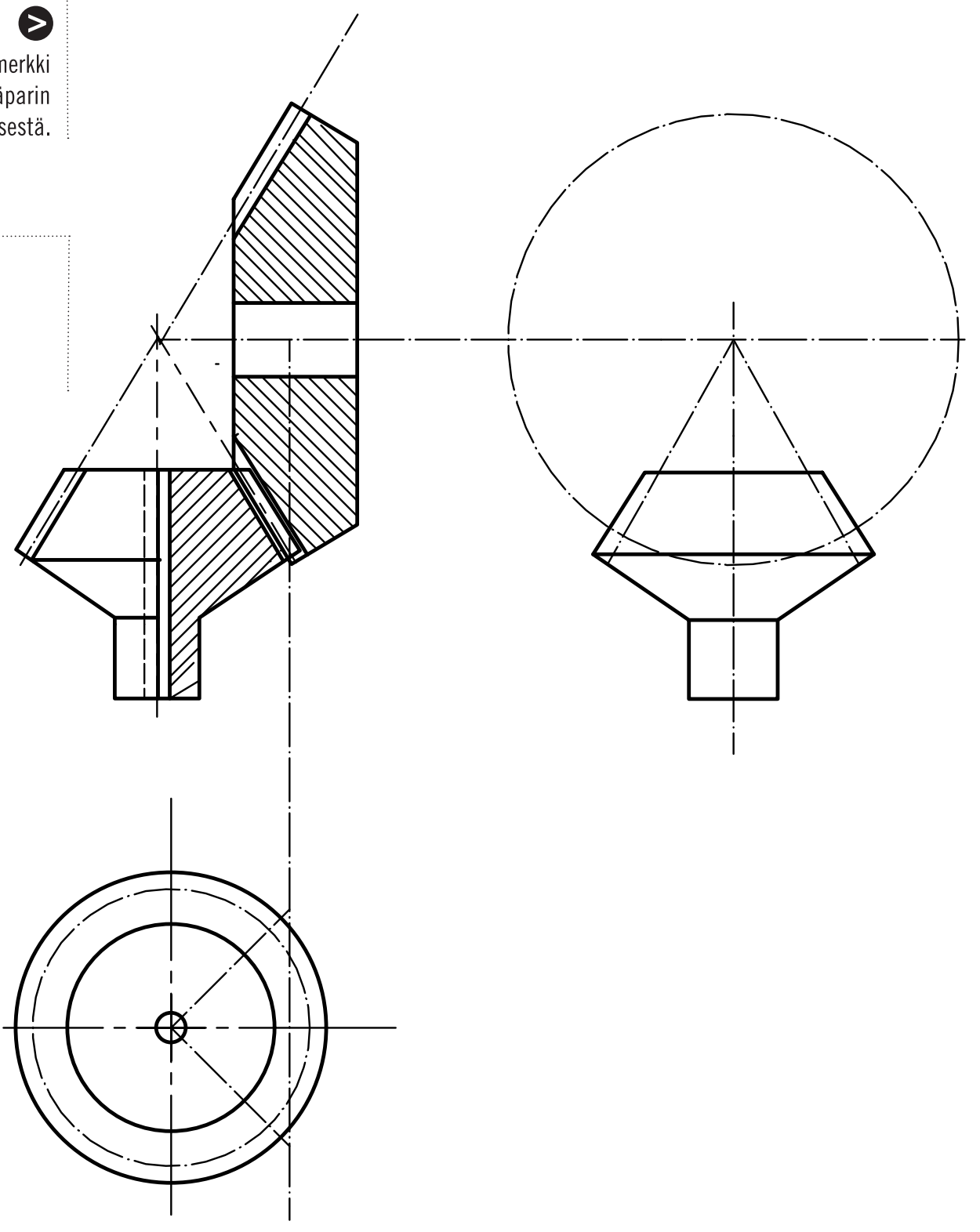
Kuva 18.15 Esimerkkejä erilaisista hammaspyörien kaavioesityksistä
a) lieriöhammaspyörä
b) kartiohammaspyörä
c) kierukkapyörä

Kuva 18.16 Esimerkkejä lieriöhammaspyöräparien kaavioesityksistä. Hammaspyöräparissa jakoympyrät sivuavat toisiaan.

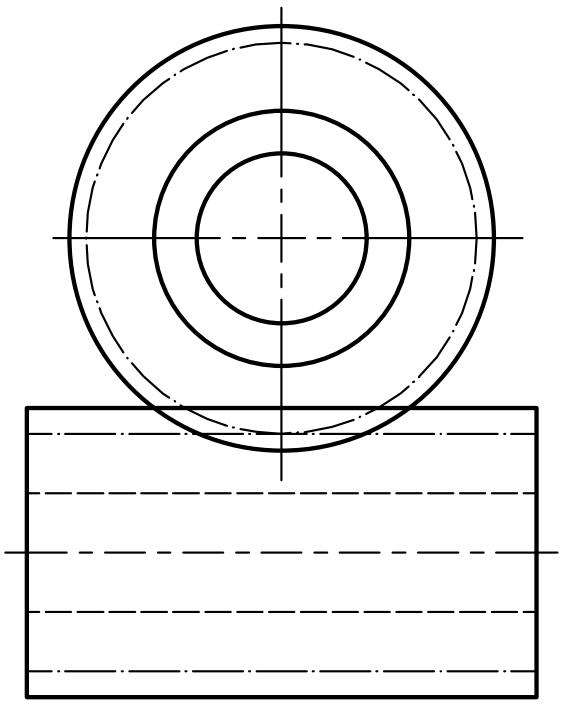


välityssuhde	*gear ratio*
jako	*division*
kiila	*key*
kiilaura	*keyseat, keyway*

Kuva 18.17 Esimerkki kartiohammaspyöräparin kaavioesityksestä.



hihna	*belt*
hihnapyörä	*belt pulley*
hihnakäyttö	*belt drive*
lattahihna	*flat belt*
kiilahihna	*V-belt*
kytkin	*clutch*
jarru	*brake*
hammaspyörä	*gear*
hammaspyörä-välitys	*gear drive*

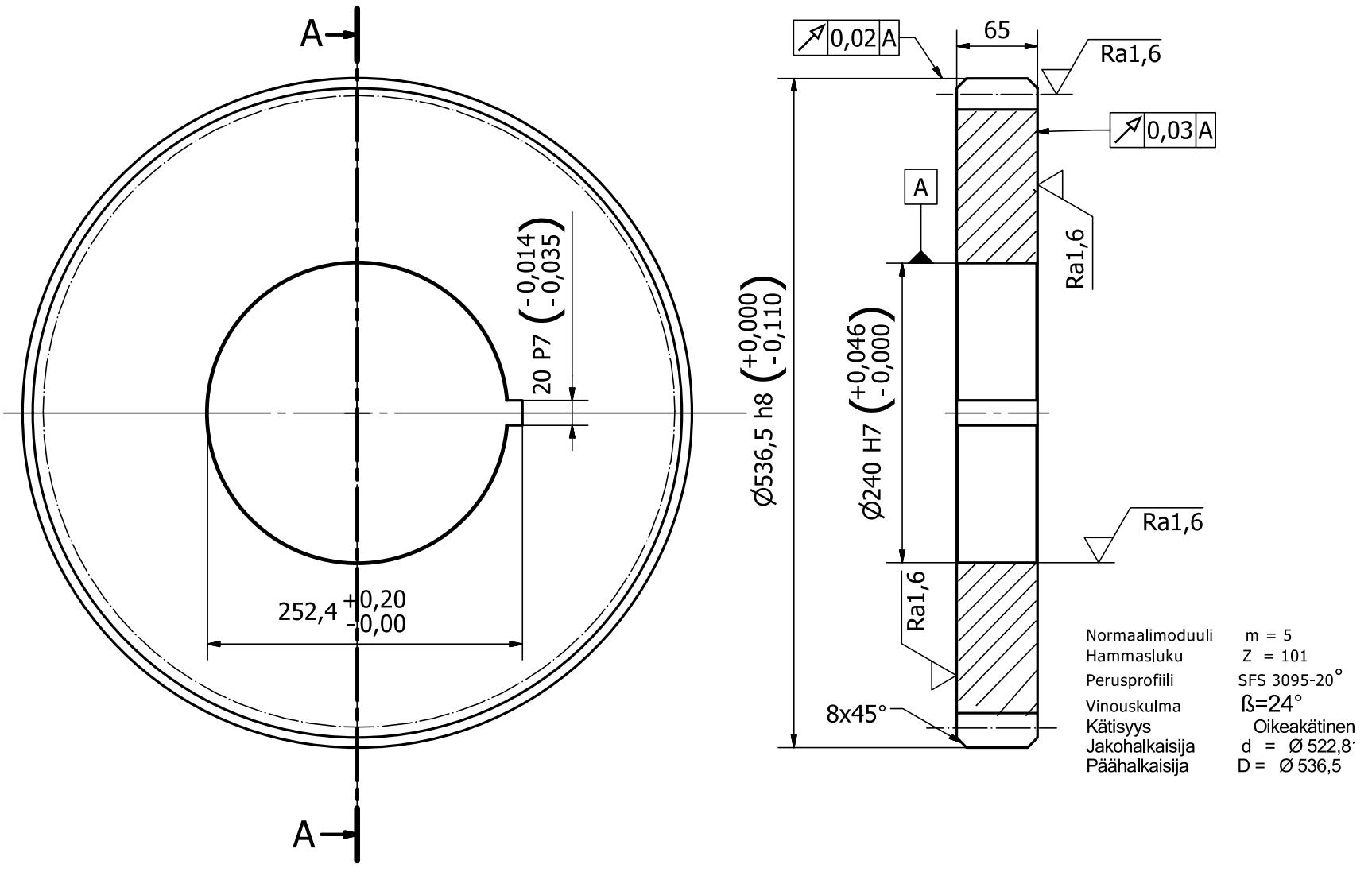


Kuva 18.18 Esimerkki kierukkapyöräparin kaavioesityksestä.

lieriömäinen	*cylindrical*
kierukka	*worm*
kierukkapyörä	*worm wheel*
kierukka-pyörästö	*worm gear*
ketju	*chain*
ketjupyörä	*chain wheel, chain pulley*
ketjukäyttö	*chain drive*

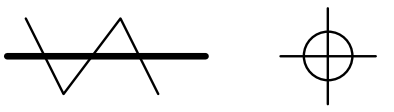
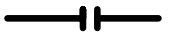
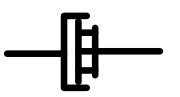
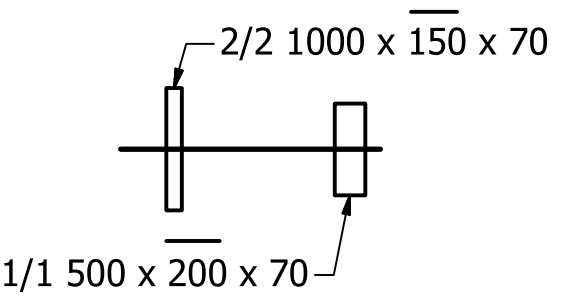
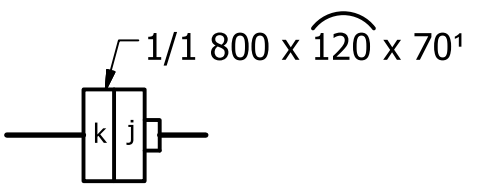
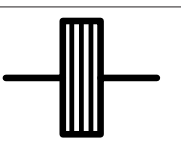
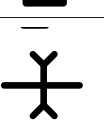
Kuva 18.19 Esimerkki vinohampaisen lieriöhammaspyörän työpiirustuksesta.

Ketjupyörien kaavioesitykset piirretään vastaavalla tavalla kuin hammaspyörienkin.



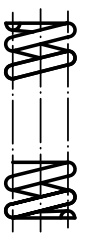
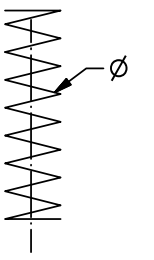
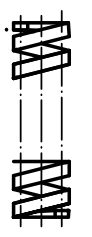
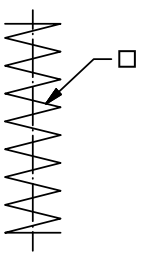
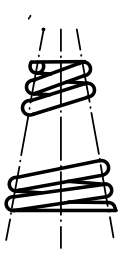
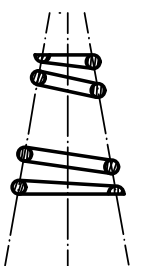
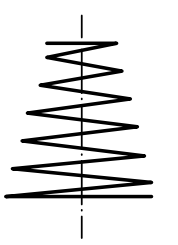
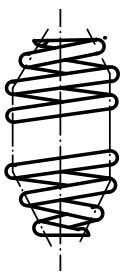
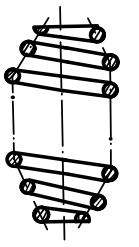
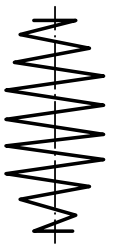
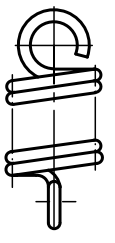
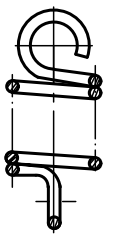
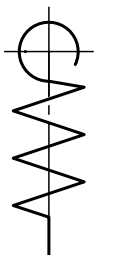
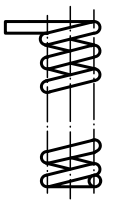
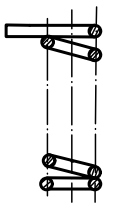
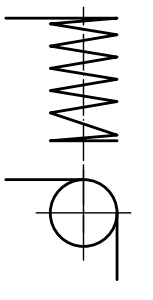
18.5 Voimansiirto

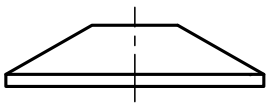
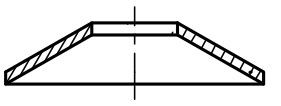
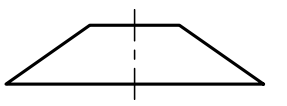
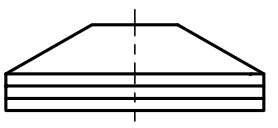
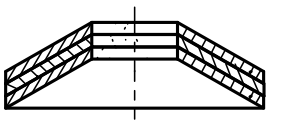
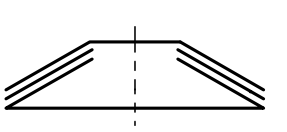
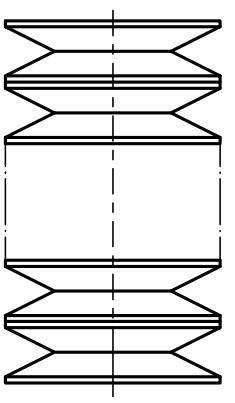
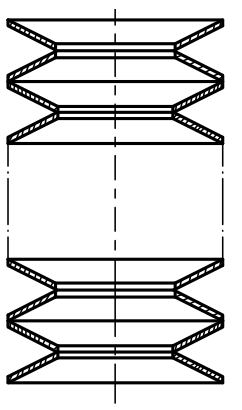
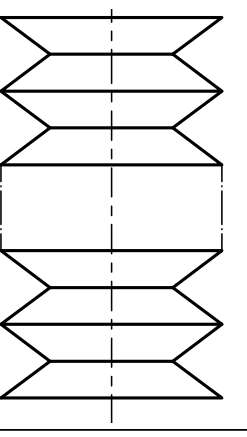
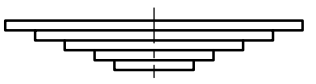
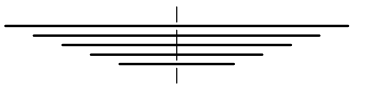
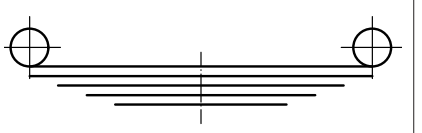
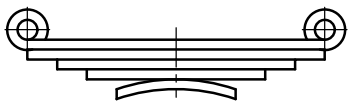
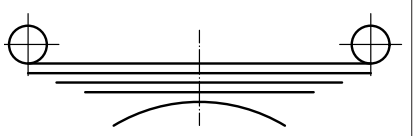
Voimansiirtoelinten kaavioesityksiä.

Voimansiirtoelin	Yksinkertaistettu kaavioesitys
Akselin kiertosuunta	
Kuorikytkin	
Joustamaton laippakytkin	
Paisuntakytkin	
Ristinivelkytkin	
Joustava kytkin	
Sakarakytkin	
Kitkakytkin	
Hihnapyörä 1/1 = jakamaton hihnapyörä 2/2 = jaettu hihnapyörä = suora hihnapyörä	
Kiinto- ja irtopyörät k = kiinteä pyörä j = irtopyörä pyörä = kupera pyörä	
Kiilahihnapyörä	
Köysipyörä	

18.6 Jouset

Erilaiset jouset ja niiden kaavioesitykset.

JOUSET		Leikkaamaton	Leikattu	Yksinkertaistettu
Kierteiset puristusjouset	Lieriömäinen, kierteinen puristusjousi			
	Neliölankainen, lieriömäinen ja kierteinen puristusjousi			
	Kartiomainen, kierteinen puristusjousi			
	Kaksoiskartiomainen, kierteinen puristusjousi (tynnyrimäinen jousi)			
Kierteiset vetojouset	Lieriömäinen, kierteinen vetojousi			
Vääntöjouset	Lieriömäinen, kierteinen vääntöjousi			

JOUSET		Leikkaamaton	Leikattu	Yksinkertaistettu
Lautasjouset	Lautasjousi			
	Monilautasjousi, lautaset samaan suuntaan			
	Monilautasjousi, lautaset vuoroin eri suuntaan			
Lehtijouset	Laminoitu lehtijousi ilman silmukkapäitä			
	Laminoitu lehtijousi silmukkapäillä			
	Laminoitu lehtijousi, jossa on silmukkapäät ja alapuolinen lisäjousi			

Kuva 18.22 Esimerkki puristusjousen työpiirustuksesta.

Puristusjousen työpiirustus sisältää seuraavia tietoja:

jousilangan muoto ja mitat

jousen sisä- tai ulkohalkaisija

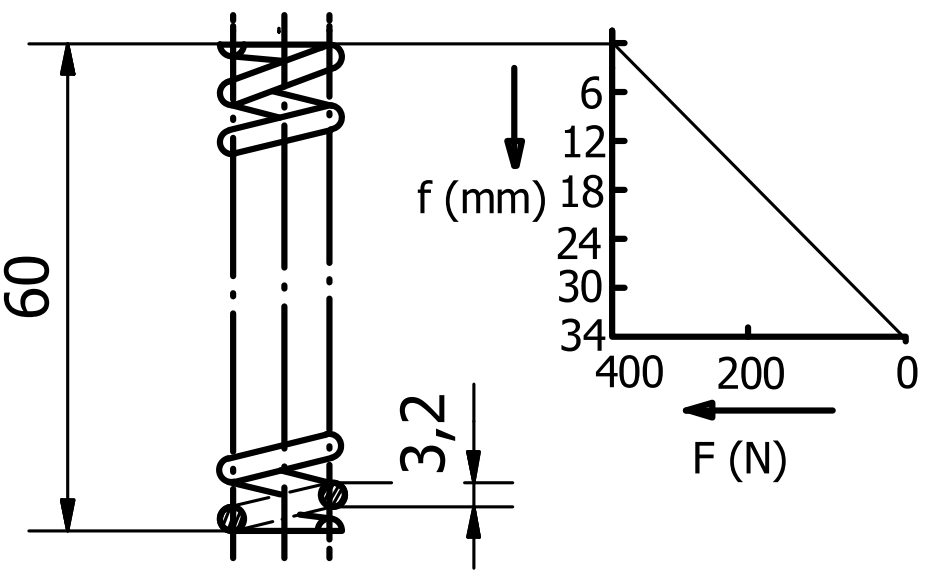
jousen kuormittamaton pituus

kierrosten lukumäärä

(joustavat kierrokset)

jousen kätisyys (langan kiertosuunta)

usein myös kuormituspiirustus.



Kaavioesityksiin liittyviä standardeja

- **SFS 2418** Keskiöporaukset
- **SFS-EN ISO 6411** Tekniset piirustukset. Keskiöporausten yksinkertaistettu esittäminen
- **SFS 3898 ISO 273** Ruuvien vapaareiät
- **SFS-ISO 15786** Tekniset piirustukset. Reikien yksinkertaistettu esittäminen ja mitoitus
- **SFS 2636** Tasakiilat ja vastaavat kiilaurat
- **SFS-EN ISO 1234** Saksisokat
- **SFS-EN 22338** Lieriösokat
- **SFS 3959** Hammaspyörät. Lieriöhammaspyörät, piirustustiedot
- **SFS 2818** Ketjut ja ketjupyörät. Ketjupyörien mitoitus SFS-EN ISO 6413 Tekniset piirustukset. Urien ja hammastusten esittäminen
- **SFS-EN ISO 8826-1** Tekniset piirustukset. Vierintälaakerit. Osa 1: Yleinen yksinkertaistettu esittäminen
- **SFS-EN ISO 9222-1** Tekniset piirustukset. Tiivisteet dynaamisiin sovellutuksiin. Osa 1: Yleinen yksinkertaistettu esittäminen
- **SFS-EN ISO 2162-1** Tekniset tuoteasiakirjat. Jouset. Osa 1: Yksinkertaistettu esittämistapa
- **SFS-ISO 15787** Tekniset piirustukset. Lämpökäsitellyt metalliset osat. Esittäminen ja merkinnät
- **SFS-ISO 4183** Hihnakäytöt. Klassiset ja kapeat kiilahihnat. Kiilahihnapyörät (nimelliseen laskentaleveyteen perustuva järjestelmä)
- **SFS-ISO 5290** Hihnakäytöt. Kiilahihnapyörät kapeille ryhmäkiilahihnoille. Uraprofiilit 9J, 15J, 20J ja 25J (tehollinen järjestelmä)
- **SFS 3532** Joustavat tappikytkimet
- **SFS 3533** Joustavat tappikytkimet. Kumiholkit
- **SFS 3534** Joustavat tappikytkimet. Asennusohjeet
- **SFS-EN ISO 6412-1** Tekniset piirustukset. Putkistojen yksinkertaistettu esittäminen. Osa 1: Yleisohjeet ja kohtisuora yhdensuuntaisprojektio
- **SFS-ISO 6412-2** Tekniset piirustukset. Putkistojen yksinkertaistettu esittäminen. Osa 2: Isometrinen projektio

kertauskysymyksiä

1. Piirrä CAD-piirustusohjelmaa käyttämällä työpiirustus lieriömäisestä suorahampaisesta hammaspyörästä. Laske tarvittavat halkaisijatiedot ja valitse reikään standardin mukainen kiilaura. Merkitse piirustukseen tarvittavat pintamerkit, sekä mitta- ja geometriset toleranssit.

Hammaspyörästä on seuraavat lähtötiedot:
– hammasluku: 48
– moduuli: 2
– reiän halkaisija: ∅30
– hammaspyörän paksuus: 25

käytännön harjoituksia työpajalla

1. Valmista työpajalla edellisen tehtävän mukaan piirtämäsi hammaspyörä ja hampaiden jyrsinnässä tarvittava jyrsintätuurna. Laske hammaspyörän tarkastusta varten hammasvälimitta W_k ja tarkasta työsi tulos hammaspyörämikrometrillä.

Tarkasta myös pinnanlaatu ja mittatoleranssien ja geometristen toleranssien toteutuminen.

Laskettu hammasvälimitta _____

Mitattu hammasväli _____ , joka on mitattu _____ hampaan yli

Tarkastettu pinnanlaatu _____

Mittatoleranssien toteutuminen ☐ toteutui ☐ ei toteutunut

Geometristen toleranssien toteutuminen ☐ toteutui ☐ ei toteutunut

19

Levitys-piirustukset

Levityspiirustuksia tarvitaan yleensä ohutlevytuotteiden valmistamisen yhteydessä. Tällöin valmis levityspiirustus helpottaa varsinaisen työn tekemistä työpajalla.

Joskus kuitenkin valmistettava kappale on niin yksinkertainen, ettei varsinaista levityspiirustusta tarvita ollenkaan. Tällaisia ovat esimerkiksi suora lieriö ja suora särmiö. Monimutkaisemmista kappaleista kannattaa laatia erillinen levityspiirustus joko manuaalisesti tai tietokoneohjelman avulla.

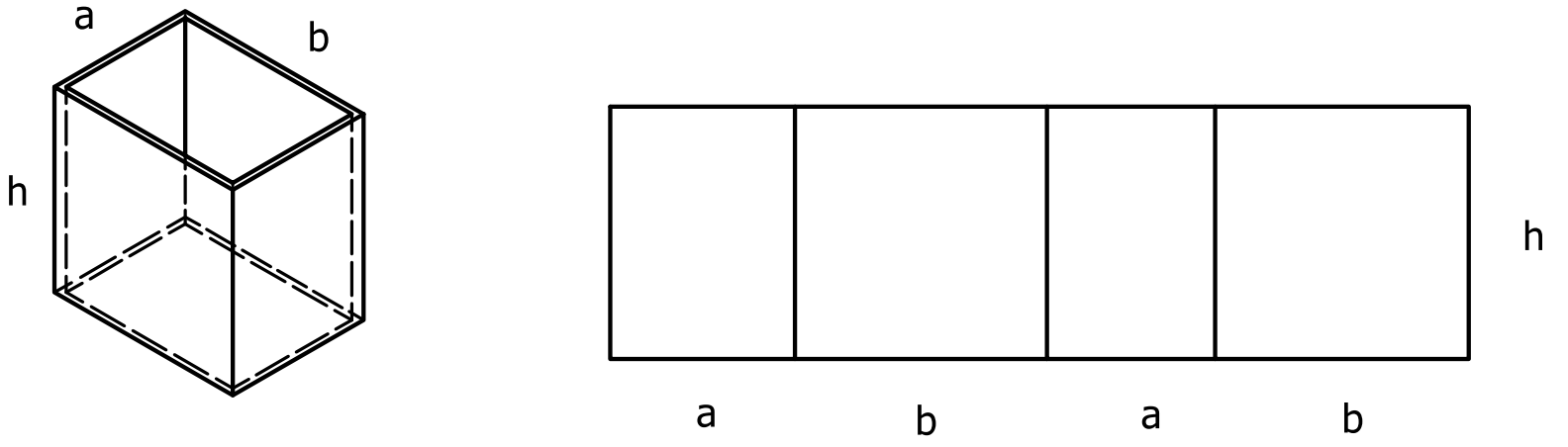
Tavanomaisista levityksistä ovat muun muassa

- suoran suorakulmaisen putken levitys
- suoran lieriömäisen putken levitys
- nelikulmaisen kulmakappaleen levitys
- lieriömäisen polviputken levitys
- katkaistun suoran ympyräkartion levitys
- katkaistun suoran särmäkartion levitys
- ilmastointikanavan vinon muutoskartion levitys
- neliö-lieriöyhdyskappaleen levitys.

Seuraavassa on esimerkkejä edellä lueteltujen levityspiirustuksien laatimisesta piirtämällä.

Nykyisin levityspiirustuksetkin laaditaan CAD-ohjelmien avulla.

19.1 Suoran suorakulmaisen putken levitys

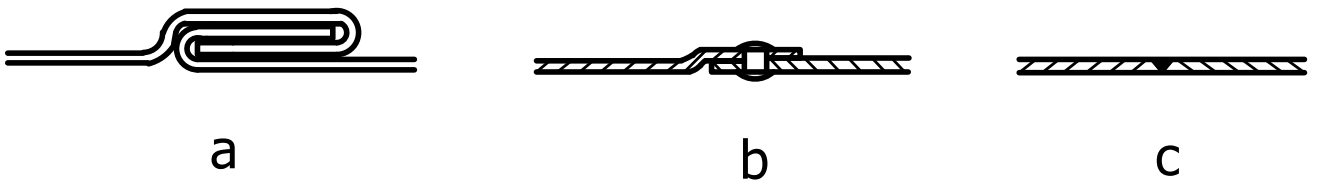


Kuva 19.1 Suoran suorakulmaisen putken levitys.

Ohjeita levityksen laatimiseksi

- Levitetyn vaipan korkeudeksi otetaan putken pituus **h** ja vaipan pituudeksi sivujen yhteenlaskettu pituus
- **a + b + a + b**. Mitat a ja b ovat sivujen mitat.
- Jos putki on neliöputki, sivujen pituudet ovat kaikki yhtä pitkiä. Tällöin levitetyn vaipan pituus on **4 x a**.
- Jos putki valmistetaan ohutlevystä, johon tulee esimerkiksi hakasauma tai niitattu sauma, sauman osuus on lisättävä vaipan pituuteen.
- Niitatussa saumassa kumpaankin päähän lisätään noin 10–5 mm levyn paksuuden ja käytettävien niittien mukaan.

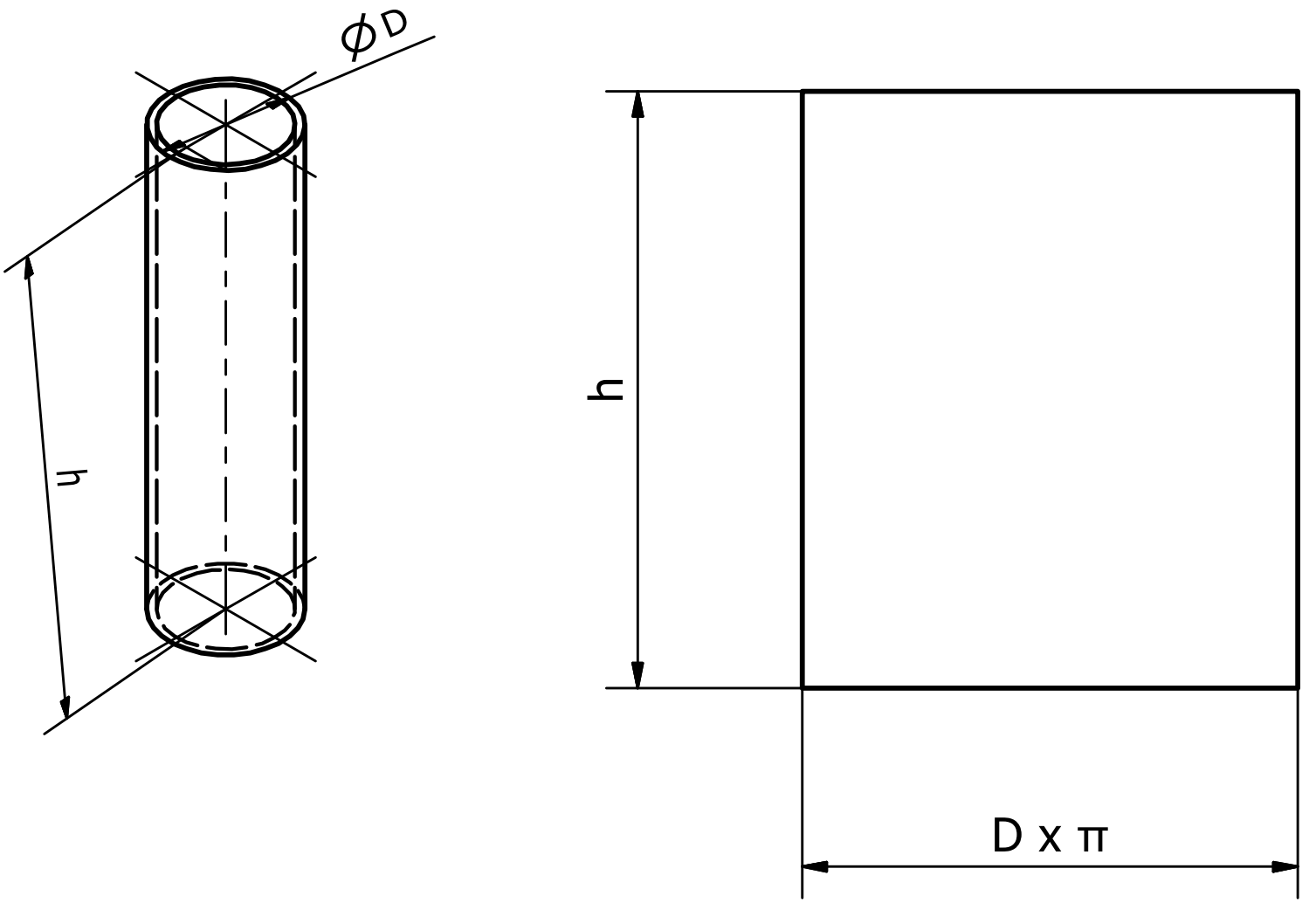
- Hakasaumassa toiseen päähän lisätään noin 7–8 mm (pikkusauma) ja toiseen noin 14–16 mm (isosauma) levyn paksuuden mukaan.
- Hitsaamalla valmistettavassa putkessa erillistä saumavaraa ei tarvita, sillä sauma hitsataan yleensä päittäisrailoon.



Kuva 19.2 Ohutlevyn sauma voi olla esimerkiksi a) hakasauma, b) niitattu sauma, c) hitsattu sauma

Muista tarvittaessa lisätä sauman osuus vaipan pituuteen.

19.2 Suoran lieriömäisen putken levitys

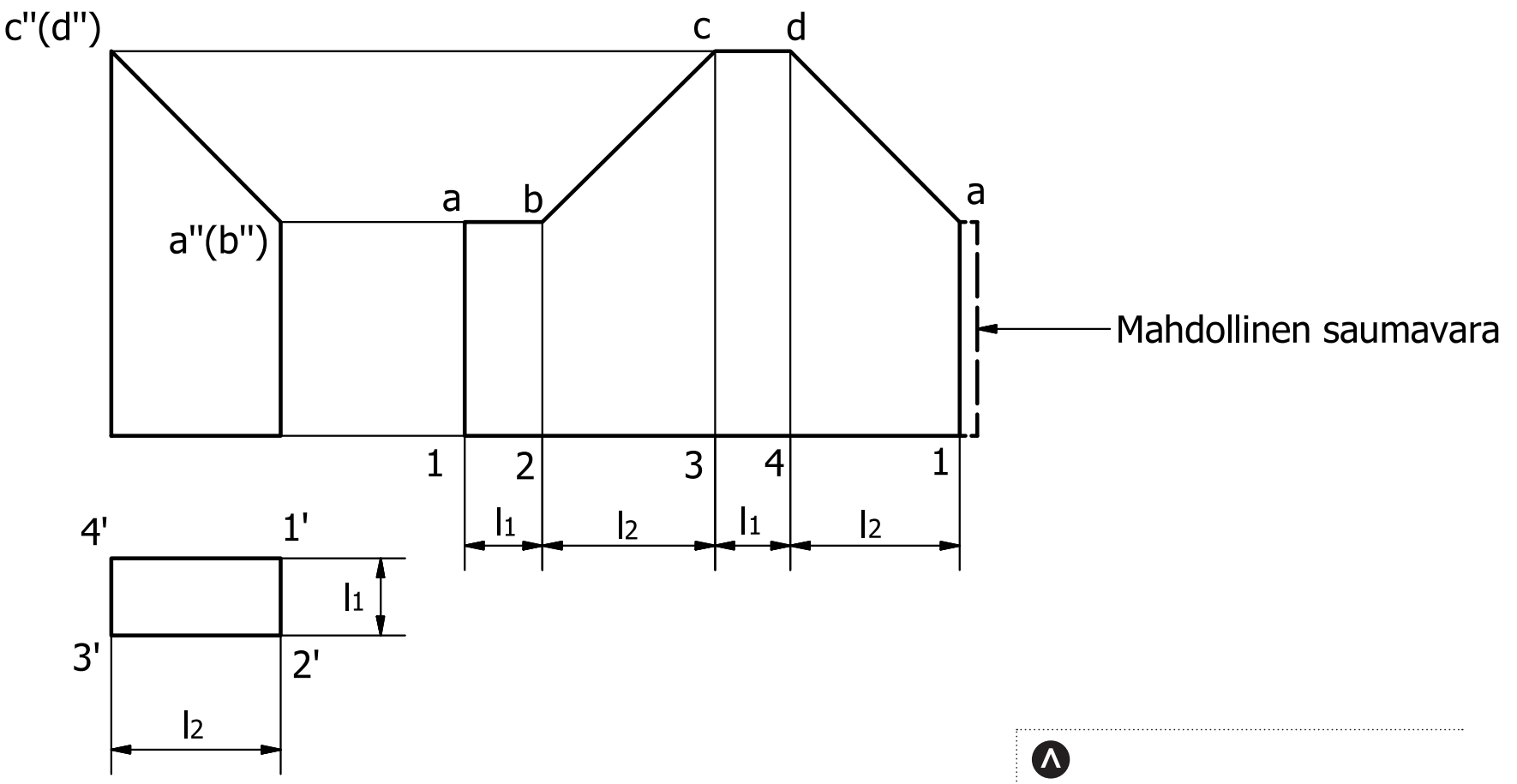


Kuva 19.3 Suoran lieriömäisen putken levitys.

Ohjeita levityksen laatimiseksi

- Levitetyn vaipan korkeudeksi otetaan putken (lieriön) korkeus **h** ja pituudeksi lieriön vaipan laskettu pituus.
- Vaipan pituus on **π x D**, jossa D on lieriön halkaisija.
- Saumavara on tarvittaessa otettava huomioon vaipan pituudessa.
- Jos putki valmistetaan ohutlevystä, johon tulee esimerkiksi hakasauma, sauman osuus on lisättävä vaipan pituuteen.

19.3 Nelikulmaisen kulmakappaleen levitys



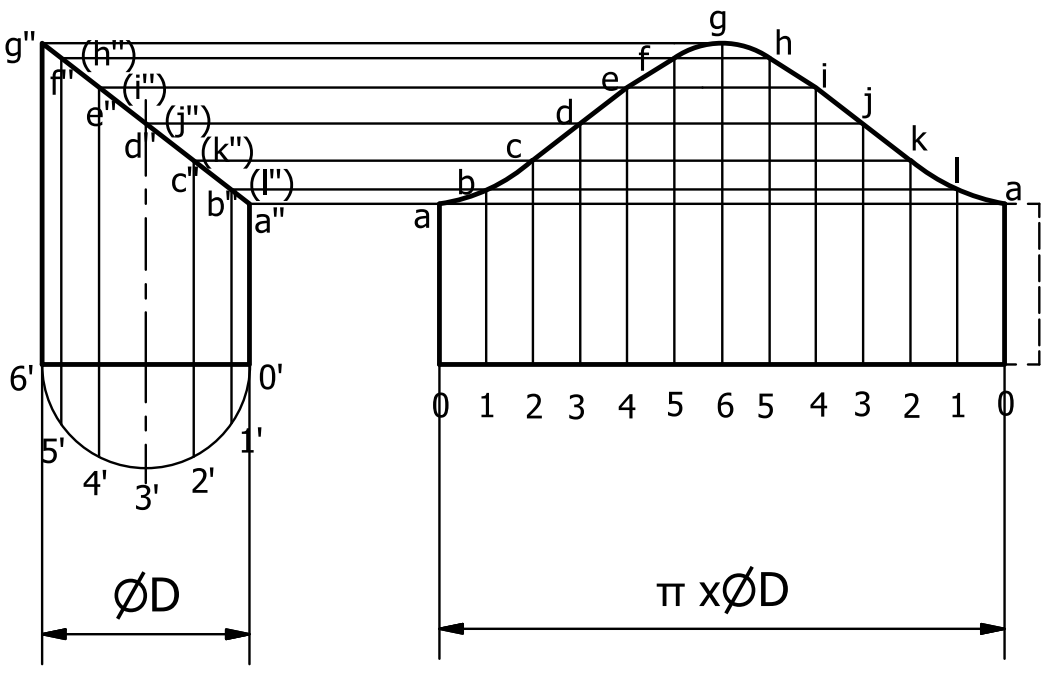
Kuva 19.4 Nelikulmaisen kulmakappaleen levitys.

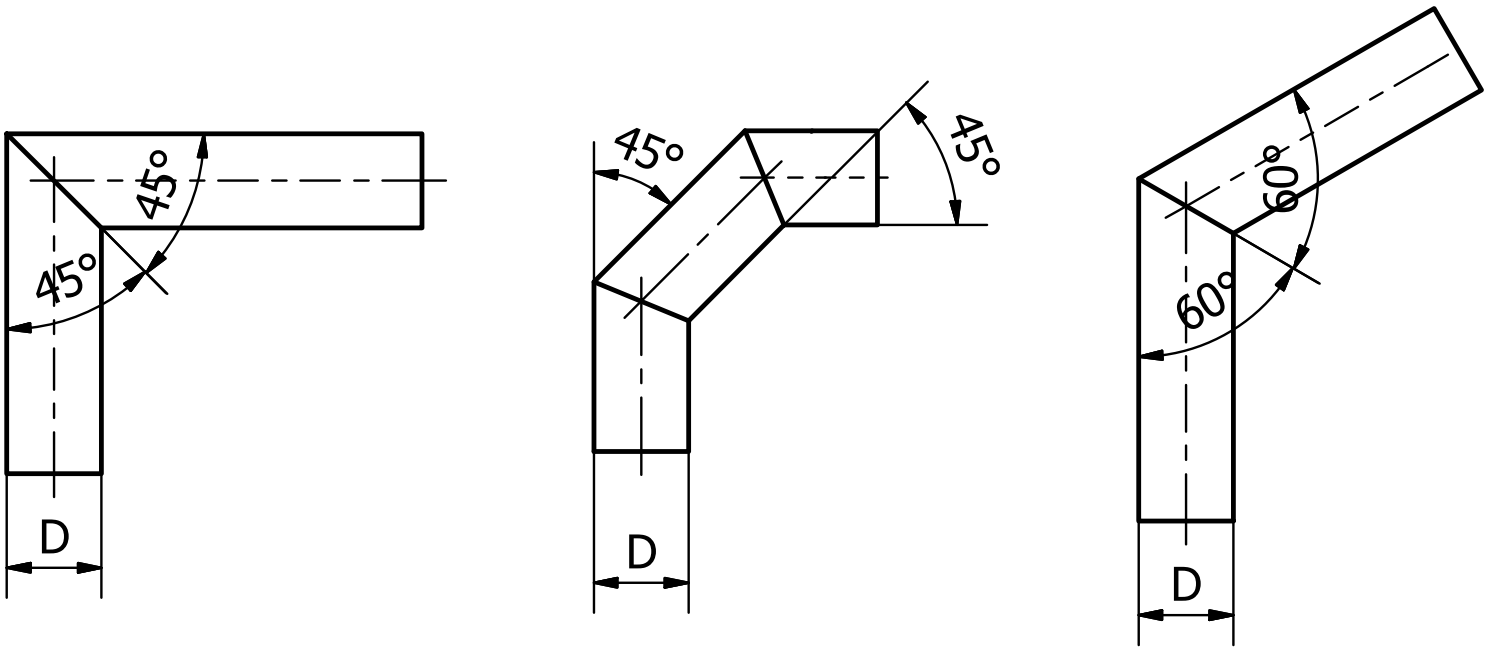
Ohjeita levityksen laatimiseksi

- Levitetty vaippa muodostuu matalamman ja korkeamman puolen suorakaiteista (leveys l_1) sekä kahdesta puolisuunnikkaan muotoisesta sivupinnasta (leveys l_2).
- Levitetyn vaipan pituudeksi tulee sivujen yhteenlaskettu pituus $\mathbf{l_1 + l_2 + l_1 + l_2}$.
- Korkeudet määräytyvät suorakaiteen muotoisten vaippaosien korkeuksista.
- Saumavara on tarvittaessa otettava huomioon vaipan pituudessa.

19.4 Lieriömäisen polviputken levitys

Polviputket ovat kuvan mukaisia muutoskappaleita, joilla muutetaan pyöreän putken suuntaa. Mutka voidaan tehdä yhdellä tai useammalla saumalla. Liitoksen molemmin puolin kulma on aina saman suuruinen, jolloin poikkileikkauskuviotkin ovat samankokoisia ellipsejä ja liittäminen on mahdollista.





Kuva 19.5 Lieriömäisen polviputken levitys.

Ohjeita levityksen laatimiseksi

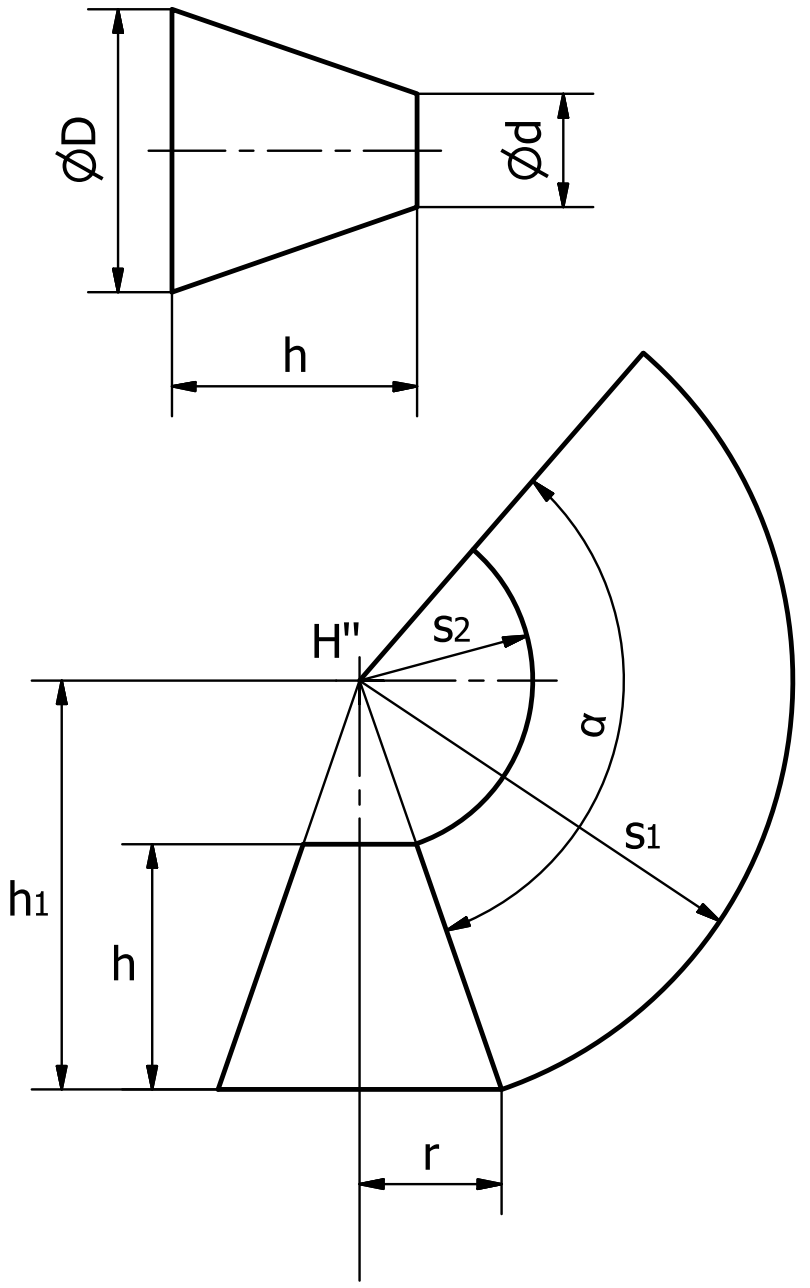
- Levityskuvannossa saadaan riittävän tarkka käyräviiva etsimällä vähintään 12 pistettä, joiden kautta viiva piirretään.
- Tässä levityksessä tarvitaan apuna pääprojektio ja perusprojektiosta vähintään puolikas.
- Tässä esityksessä käytetään pohjan pisteiden tunnisteina numeroita ja vinon pinnan pisteiden tunnisteina kirjaimia.

- Puoliympyrä jaetaan kuuteen yhtäsuureen osaan, jotka merkitään pisteillä **0'–6'**. Nämä pisteet projisoidaan pääprojektion vinolle leikkausviivalle, jolloin saadaan 12 pistettä **a"–l".**
- Levityskuvannon laatiminen aloitetaan piirtämällä vaakasuora perusviiva, joka kulkee pisteiden 0' ja 6' kautta. Tältä viivalta valitaan sopiva aloituskohta **0**, josta alkaen erotetaan puoliympyrästä saatavat jakovälit (jakovälit ovat seuraavat: väli **0'–1'** = **0–1, 1'–2'** = **1–2,** jne.). Näin saadaan kaikki perusviivan pisteet **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 4, 3, 2, 1** ja **0.**
- Näistä pisteistä piirretään kohtisuorat viivat ylöspäin. Pääprojektion pisteestä **a"**, joka on pisteen **0'** yläpuolella, piirretään vaakasuora viiva. Tämän vaakasuoran viivan ja pisteen 0 yläpuolella olevan pystysuoran viivan leikkauspisteessä on piste **a**. Vastaavasti saadaan piste **b** pisteen 1 yläpuolelle, piste **c** pisteen 2 yläpuolelle, jne.
- Pisteiden **a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l** ja **a** kautta piirretään käyrä, jonka on symmetrinen pystysuoran **6–g** suhteen. Nyt levityskuvanto on valmis. Vaipan leveys voidaan tarkistaa laskemalla **π x D**, jossa D on polviputken halkaisija. Levityskuvannon korkeus määräytyy polviputken tarvittavasta pituudesta.

Saumavara on tarvittaessa otettava huomioon.

Saunan kiukaan savuputki on yleensä lieriömäinen polviputki.

19.5 Katkaistun suoran ympyräkartion levitys



Kuva 19.6 Katkaistun suoran ympyräkartion levitys.

Ohjeita levityksen laatimiseksi

- Katkaistun suoran ympyräkartion avulla muutetaan esimerkiksi ympyräpoikkipintaisen ilmastointikanavan kokoa.
- Katkaistusta ympyräkartiosta tunnetaan yleensä kumpikin halkaisija ∅**D** ja ∅**d** sekä kappaleen korkeus **h**.
- Kappaleesta piirretään ensin kohtisuora sivuttaisprojektio. Projektio täydennetään kartioksi jatkamalla sivujen suuntaisia viivoja. Näin saadaan huippupiste **H”**.
- Varsinainen levityskuvanto aloitetaan piirtämällä kuvan mukaiset ympyrän kaaret $\mathbf{s}_1$ ja $\mathbf{s}_2$ ympyräkartion sivunurkista kaarien keskipisteenä piste **H”**.

KAAVA

Kun mitta h_1 ja säde r tunnetaan, saadaan mitta s_1 lasketuksi myös Pythagoraan lauseen avulla seuraavasti:

$$s_1 = \sqrt{h_1^2 + r^2}$$

KAAVA

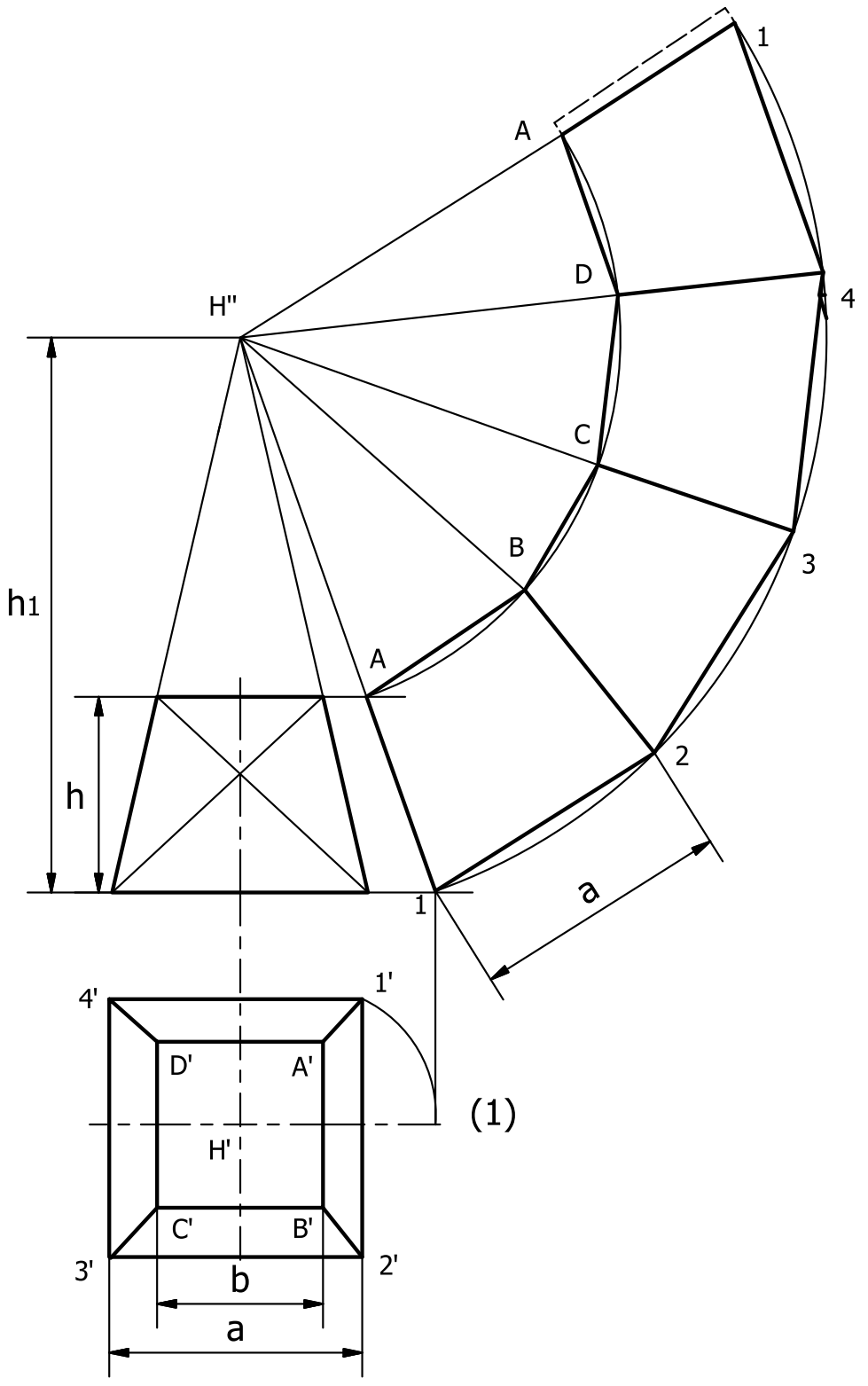
Tämän jälkeen lasketaan kulma seuraavasti:

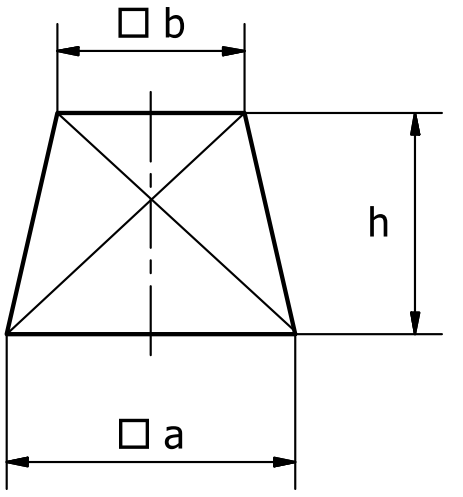
$$\alpha = \frac{r}{s_1} \times 360°$$

Kaarien rajaamalta alueelta erotetaan kulman α edellyttämä osa. Nyt levityskuvanto on valmis. Saumavara on tarvittaessa otettava huomioon vaipan pituudessa.

Esimerkiksi pyöreän ilmastointikanavan kokoa voidaan muuttaa kavennuskartion avulla.

19.6 Katkaistun suoran särmäkartion levitys





Kuva 19.7 Katkaistun suoran särmäkartion levitys.

Ohjeita levityksen laatimiseksi

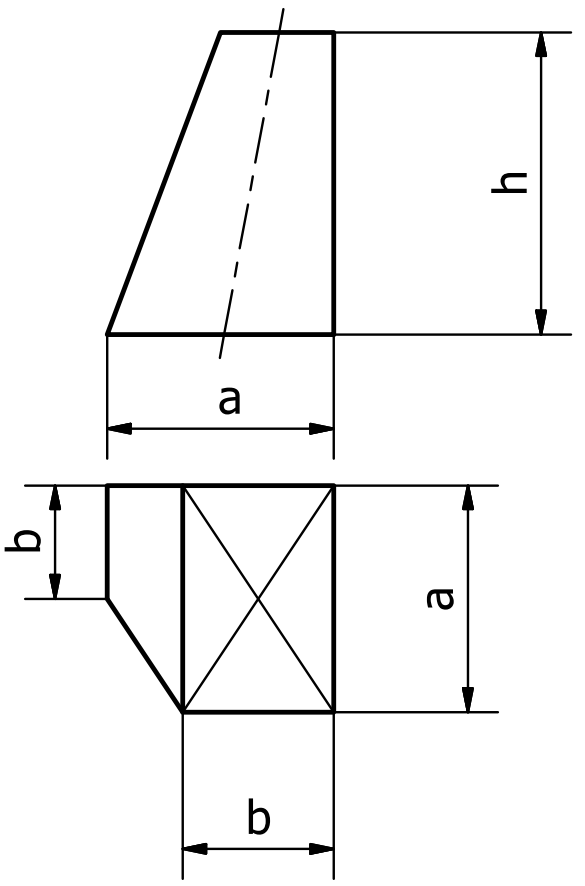
- Katkaistun särmäkartion eli katkaistun pyramidin avulla muutetaan esimerkiksi neliöpoikkipintaisen ilmastointikanavan kokoa.
- Kappaleesta piirretään ensin kaksi kohtisuoraa yhdensuuntaisprojektiota. Pääprojektio täydennetään kartioksi jatkamalla sivujen suuntaisia viivoja. Näin saadaan huippupiste **H”**.
- Lisäksi pääprojektioon piirretään vaakasuorat viivat kappaleen pohjan sekä huipun jatkeeksi.

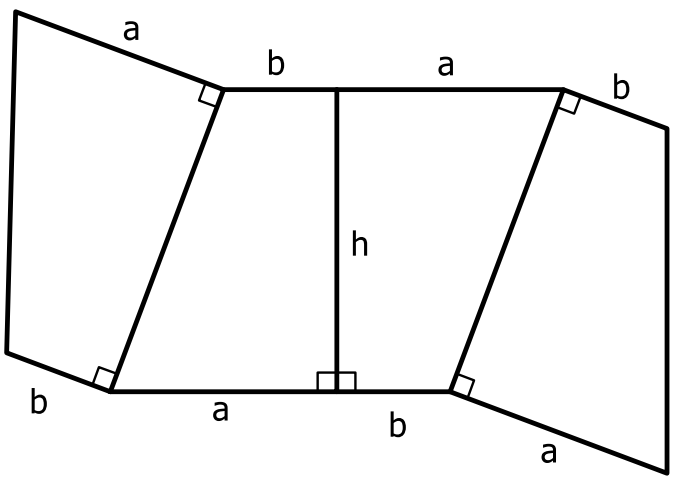
- Sivusärmän todellinen pituus määritetään seuraavasti:
- Kierretään särmän projektio **H’–1’** vaakasuoraan, jolloin saadaan piste **1** pisteen **H”** pysyessä paikallaan.

- Nyt särmä on siinä asennossa, että kun se projisoidaan pystytason pääprojektioon, se näkyy todellisen pituisena. Todellinen pituus on **H”–1**.
- Varsinainen levityskuvanto aloitetaan piirtämällä ympyrän kaari piste **H”** keskipisteenä ja **H”–1** säteenä.
- Erotetaan kaarelta pohjan poikkileikkausmitat **1’–2’** (neljä kertaa), jolloin saadaan pisteet **1, 2, 3, 4** ja ylempi **1**. Yhdistetään nämä pisteet kaaren keskipisteeseen **H”**. Lisäksi piirretään kuvan mukaiset suorat janat numeroilla (1, 2, 3, 4 ja 1) merkittyjen pisteiden välille.
- Määritetään piste **A** korkeuden **h** mukaan. Piirretään toinen ympyrän kaari piste **H”** keskipisteenä ja **H” – A** säteenä, jolloin saadaan pisteet **A, B, C, D** ja ylempi **A**. Lisäksi piirretään kuvan mukaiset suorat janat kirjaimilla (A, B, C, D ja A) merkittyjen pisteiden välille. Nyt levityskuvanto on valmis.
- Saumavara on tarvittaessa otettava huomioon vaipan pituudessa.

Esimerkiksi neliön muotoisen ilmastointikanavan kokoa voidaan muuttaa kavennuskartion avulla.

19.7 Ilmastointikanavan vinon muutoskartion levitys





Kuva 19.8 Ilmastointikanavan vinon muutoskappaleen levitys.

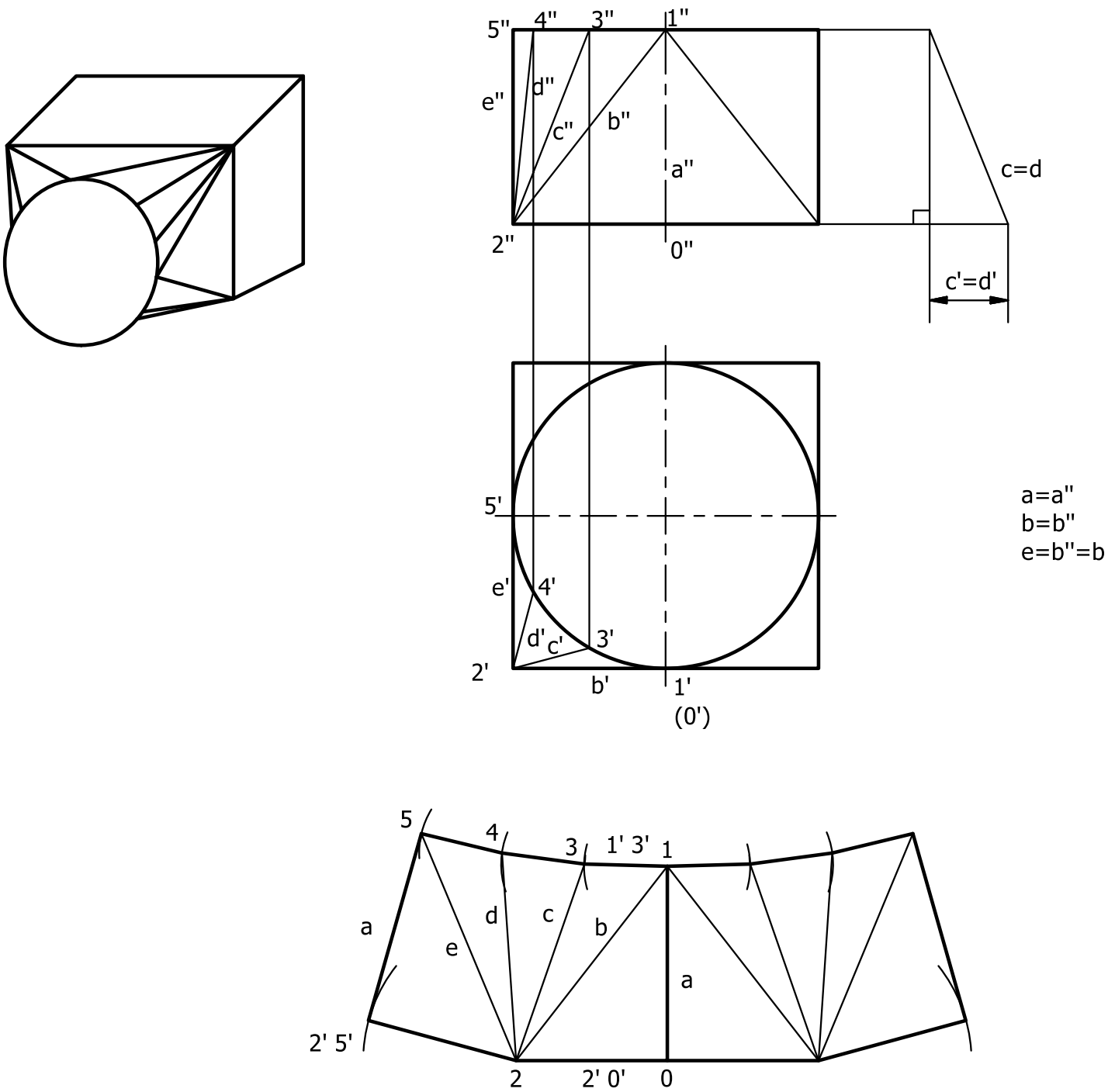
Tällä muutoskappaleella kanava voidaan kääntää 90 ° akselinsa ympäri kuvan mukaisesti. Muutoksen yhteydessä yksi kanavan särmistä säilyy suorana. Kanavan poikkileikkauksen koko päiden välillä ei muutu.

Ohjeita levityksen laatimiseksi

- Muutoskappaleesta piirretään ensin kaksi kohtisuoraa yhdensuuntaiskuvantoa. Alemmassa kuvannossa tummennettu alue kuvaa reikää. Se on myös merkitty ristikkäisillä vinoviivoilla.
- Levityskuvanto saadaan korkeuden **h** ja poikkileikkausmittojen **a** ja **b** sekä suorien kulmien avulla.
- Levitys aloitetaan piirtämällä keskellä näkyvä korkeus **h** pystysuoraan. Korkeusviivan päätepisteisiin piirretään vaakasuorat viivat, joista erotetaan kanavan poikkileikkausmitat **a** ja **b**. Ala- ja yläpuolelta mitat erotetaan päinvastaisiin suuntiin.
- Kuvanto täydennetään suunnikkaiksi kahden vinon janan avulla. Näiden janojen päätepisteisiin piirretään kohtisuorat viivat, joista erotetaan jälleen mitat **a** ja **b** kuvan mukaisesti. Nyt levityskuvanto on valmis.
- Saumavara on tarvittaessa otettava huomioon vaipan pituudessa.

19.8 Neliö-lieriöyhdyskappaleen levitys

Kuva 19.9 Neliö-lieriöyhdyskappaleen levitys.

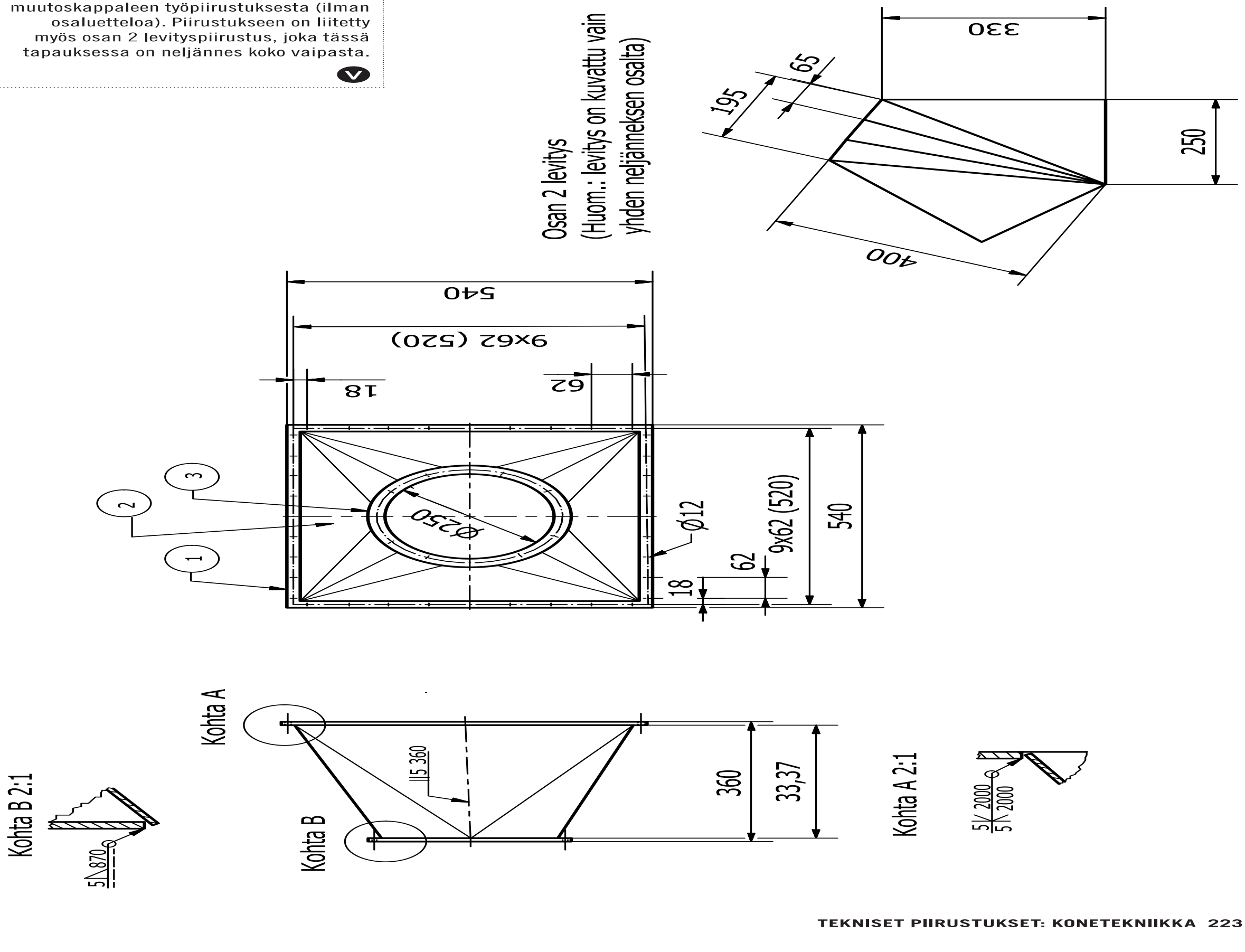


Tällä yhdyskappaleella voidaan esimerkiksi neliöpoikkipintainen ilmastointikanava muuttaa ympyräpoikkipintaiseksi tai päinvastoin.

Ohjeita levityksen laatimiseksi

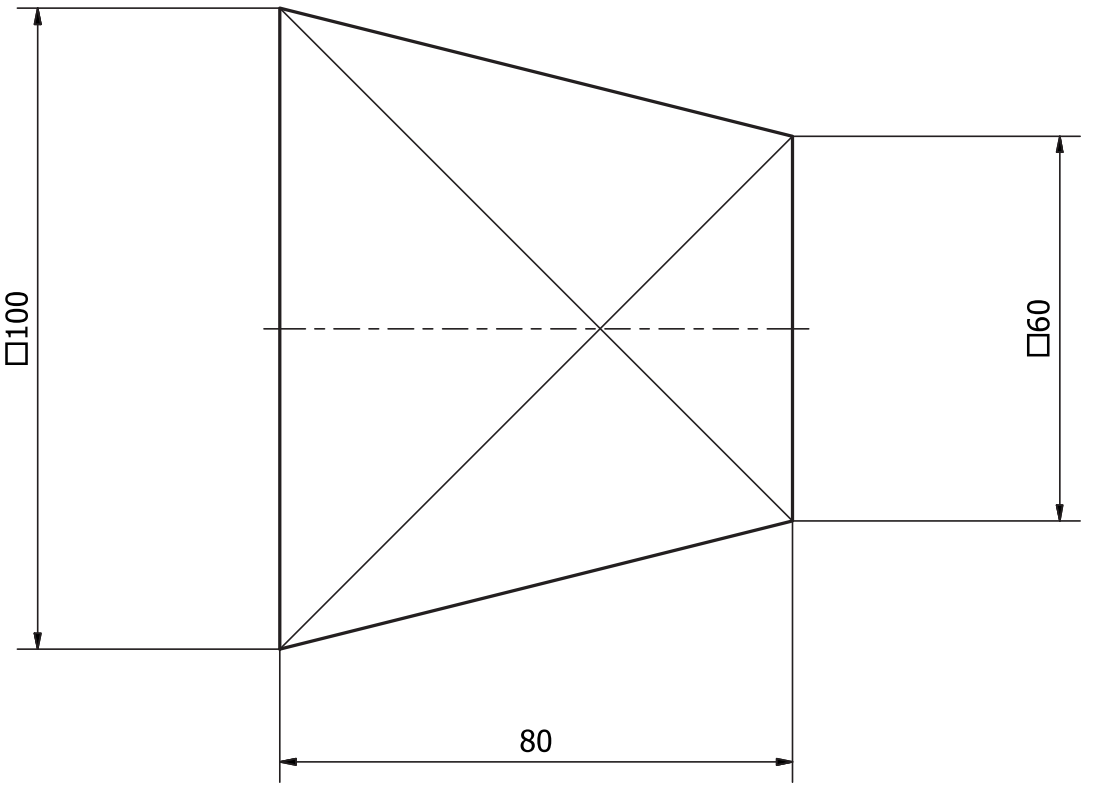
- Tässä tapauksessa levityskuvannon piirtämisessä käytetään niin sanottua kolmioverkkomenetelmää.
- Levityskuvanto rakentuu kolmioista, tarkemmin sanottuna kolmion sivuista. Suuri osa näistä sivuista on apuviivoja, joiden avulla paikannetaan vaippaa rajoittavat pisteet. Ratkaisun lähtökohtana on kaksi kohtisuoraa yhdensuuntaisprojektiota.
- Riittävä tarkkuus saavutetaan, kun alemman kuvannon neljännesympyrä jaetaan kolmeen yhtä suureen osaan. Se vastaa koko ympyrän jakamista 12 osaan. Kehälle saadaan pisteet **1’**, **3’**, **4’** ja **5’**. Pisteet **3’** ja **4’** yhdistetään pohjaneliön kulmaan pisteeseen **2’**. Nämä janat ovat keskenään saman pituisia. Janat merkitään kirjaimilla **c’** ja **d’**. Sen jälkeen janat projisoidaan pystytasolle, jolloin saadaan kuvan mukaisesti janat **c”** ja **d”**.
- Jana **a”** on sama kuin kappaleen korkeus **a**. Jana **b”** saadaan yhdistämällä pisteet **1”** ja **2”**. Jana **e”** on pisteiden **2”** ja **5”** väli.
- Janojen **c** ja **d** todellinen pituus on määriteltävä erikseen. Tämä on tehty pystyprojektion oikealla puolella olevan suorakulmaisen kolmion avulla.
- Varsinainen levityskuvanto aloitetaan keskeltä piirtämällä korkeus **a**. Sen alapäähän tulee vaakasuoraan jana **0’ – 2’** (= b’), jolloin saadaan piste **2** ja apuviiva **b**.
- Pisteen **3** määrittämiseksi tarvitaan säteet **c** ja **1’ – 3’** . Piste **4** saadaan säteillä **d** ja **3’ – 4’** (= 1’ – 3’). Seuraavaksi piirretään piste **5** säteillä **e** ja **4’ – 5’** (= 1’ – 3’). Viimeinen nurkkapiste saadaan säteiden a ja 2’ **– 5’** (= 0’ – 2’) avulla.
- Oikea puoli syntyy vastaavalla tavalla tai kopioimalla vasen puoli.
- Tässä esitetty levityskuvanto on ainoastaan puolet koko kappaleesta, joten niitä pitää tehdä kaksi, jotta saataisiin koko yhdyskappale.
- Saumavara on tarvittaessa otettava huomioon vaipan pituudessa.

Kuva 19.10 Esimerkki ilmastointikanavan muutoskappaleen työpiirustuksesta (ilman osaluetteloa). Piirustukseen on liitetty myös osan 2 levityspiirustus, joka tässä tapauksessa on neljännes koko vaipasta.



1. Piirrä levityspiirustus oheisen kuvan mukaisesta katkaistusta suorasta särmäkartiosta.

   Ota saumavara huomioon.
   Tee levityksestä pahvimalli ja kokoa se. Liitä sauma esimerkiksi liimaamalla.



2. Piirrä levityspiirustus oheisen kuvan mukaisesta ilmastointikanavan muutoskappaleesta.

   Ilmastointikanavan mitat ovat seuraavat:

   – a = 200 mm

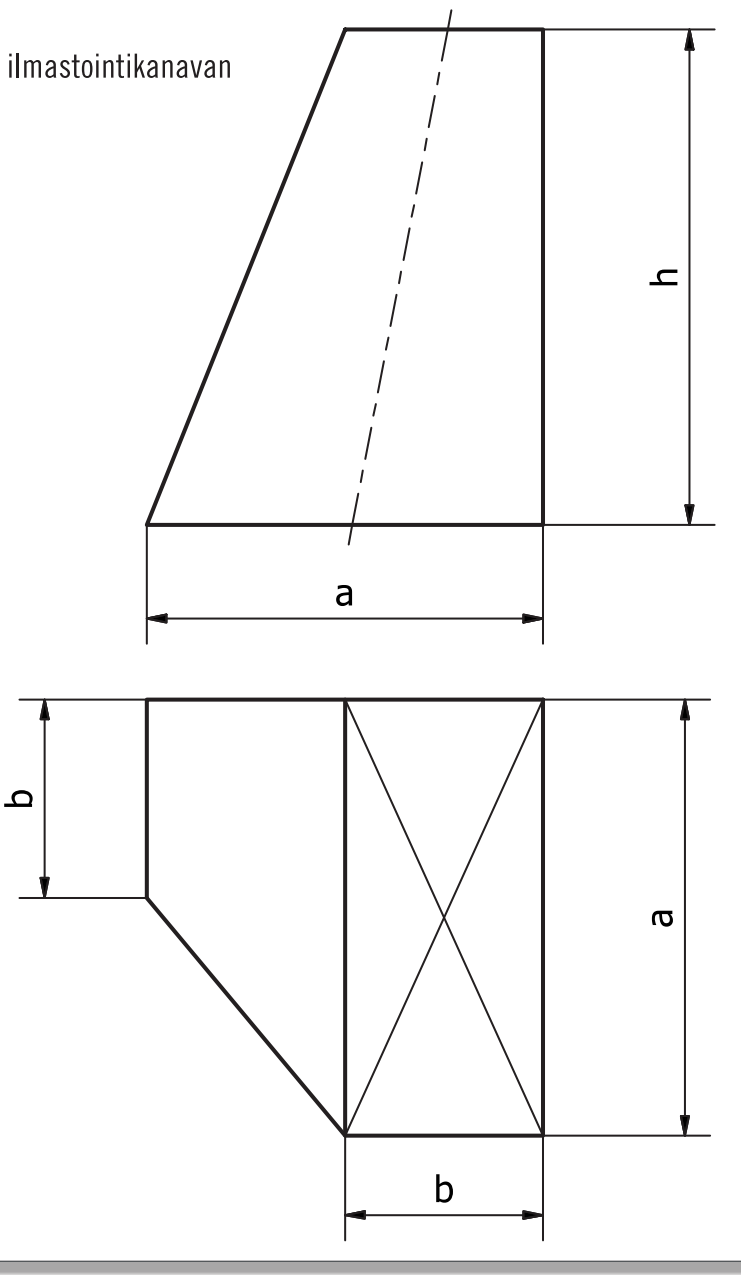
   – b = 100 mm

   – h = 250 mm.

   Ota saumavara huomioon.

   Tee levityksestä pahvimalli ja kokoa se.

   Liitä sauma esimerkiksi liimaamalla.



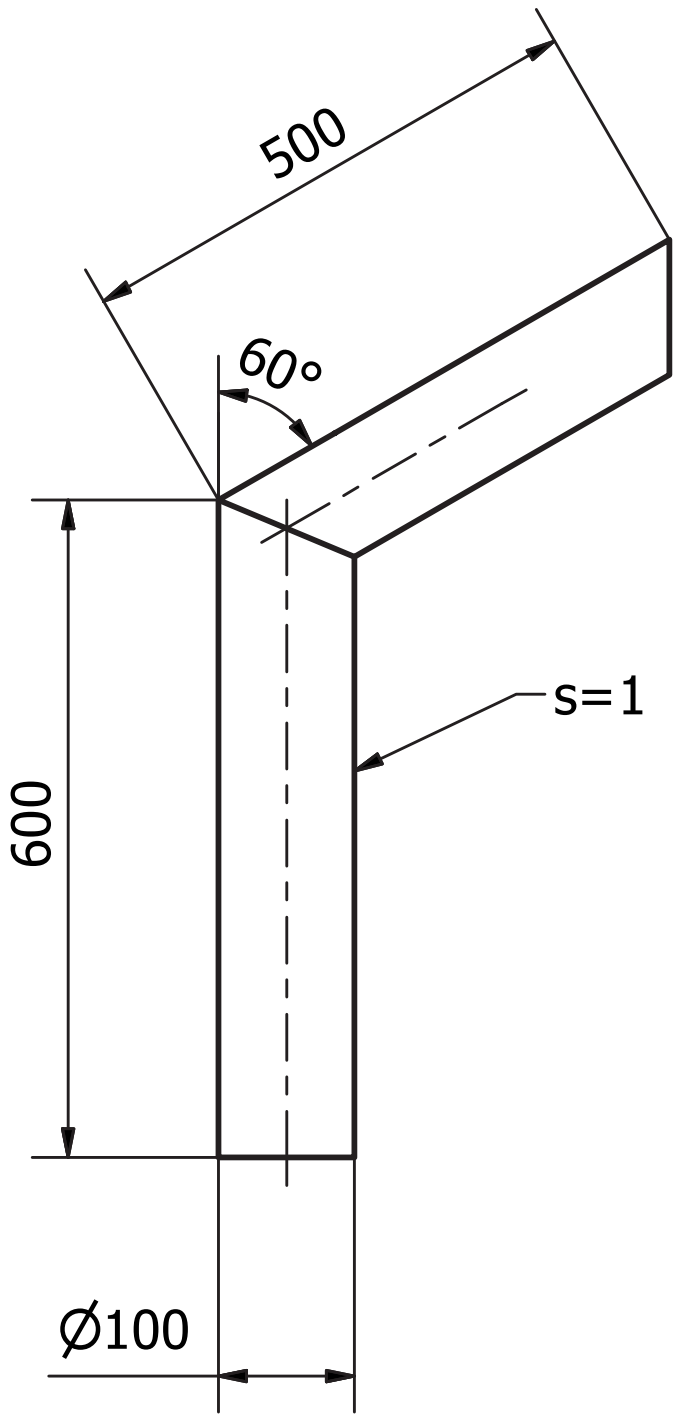
3. Piirrä levityspiirustus kolmioverkkomenetelmällä ilmastointikanavan muutoskappaleesta, jolla neliön muotoinen kanava muutetaan pyöreäksi.

   Ilmastointikanavan mitat ovat seuraavat:
   – Neliön sivun pituus = 150 mm
   – Ympyrän halkaisija = 150 mm
   – Muutoskappaleen pituus = 250 mm

   Ota saumavara huomioon.
   Tee levityksestä pahvimalli ja kokoa se. Liitä sauma esimerkiksi liimaamalla.

1. Valmista työpajalla oheisen kuvan mukainen saunan kiukaan savutorvi.

   Putken lopullinen halkaisija määräytyy kiukaan savutorven lähtökauluksen mukaan.



20

Piirustusten muutokset

Piirustuksiin joudutaan joskus tekemään muutoksia jälkeenpäin. Muutoksia saattaa kertyä ajan myötä useitakin samaan piirustukseen.

Muutokset voivat johtua monista eri syistä, kuten

- tuotekehittelyn tuloksena
- valmistusmenetelmien kehittymisen seurauksena
- käyttökokemuksien seurauksena
- materiaalien muutoksien takia
- standardien muutoksien takia
- alkuperäisen suunnitteluvirheen takia.

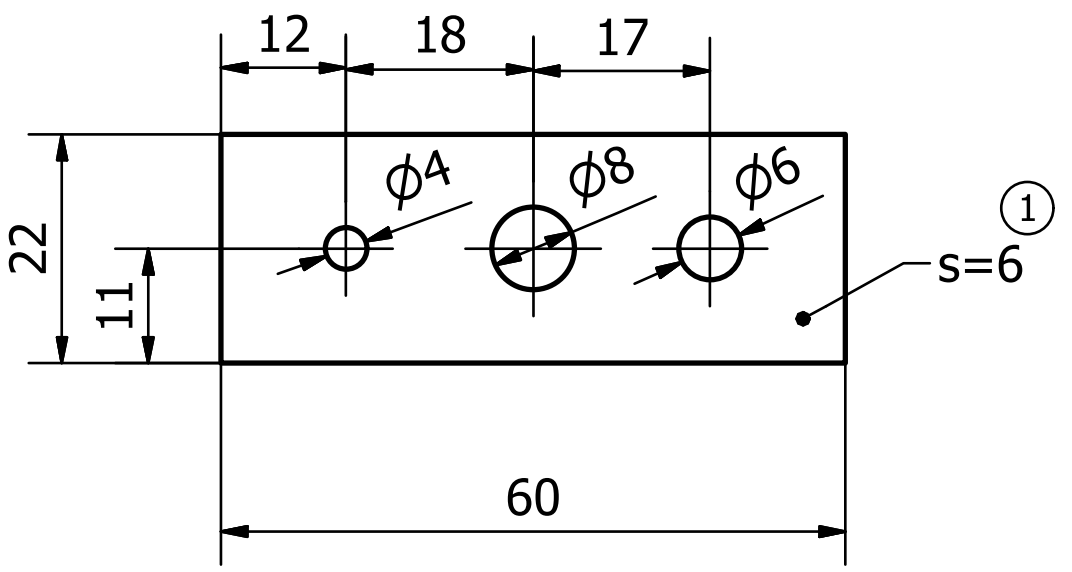
On tärkeää, että piirustuksiin tehdyt muutokset kirjataan selkeästi ja sovitulla tavalla, ettei niistä aiheudu sekaannusta valmistukselle. Uutta merkintää tehtäessä vanhaa merkintää ei saa poistaa vaan se merkitään piirustuksen muutoskenttään varsinaisiin projektioihin tehtyjen muutosmerkintöjen lisäksi.

Nykyisen CAD-suunnittelun ja -piirtämisen aikana muutosten tekeminen on niin nopeaa ja vaivatonta, että on vaarana, ettei vanhasta esityksestä jää muutoksen jälkeen mitään näkyviin. On kuitenkin tärkeää, että piirustuksesta näkyy myös se, mitä on muutettu ja millainen kyseinen kohta oli ennen muutosta. Myös viimeisin muutos on merkittävä ja päivättävä selkeästi.

Piirustusalueella muutoskohta merkitään ympyrän tai kolmion sisällä olevalla kirjaimella tai juoksevalla numerolla. Yleensä vanha muoto tai mitta jätetään näkyviin, mutta yliviivattuna. Jos muutos koskee useita kohtia, se merkitään piirustuksessa jokaiseen kohtaan.

V

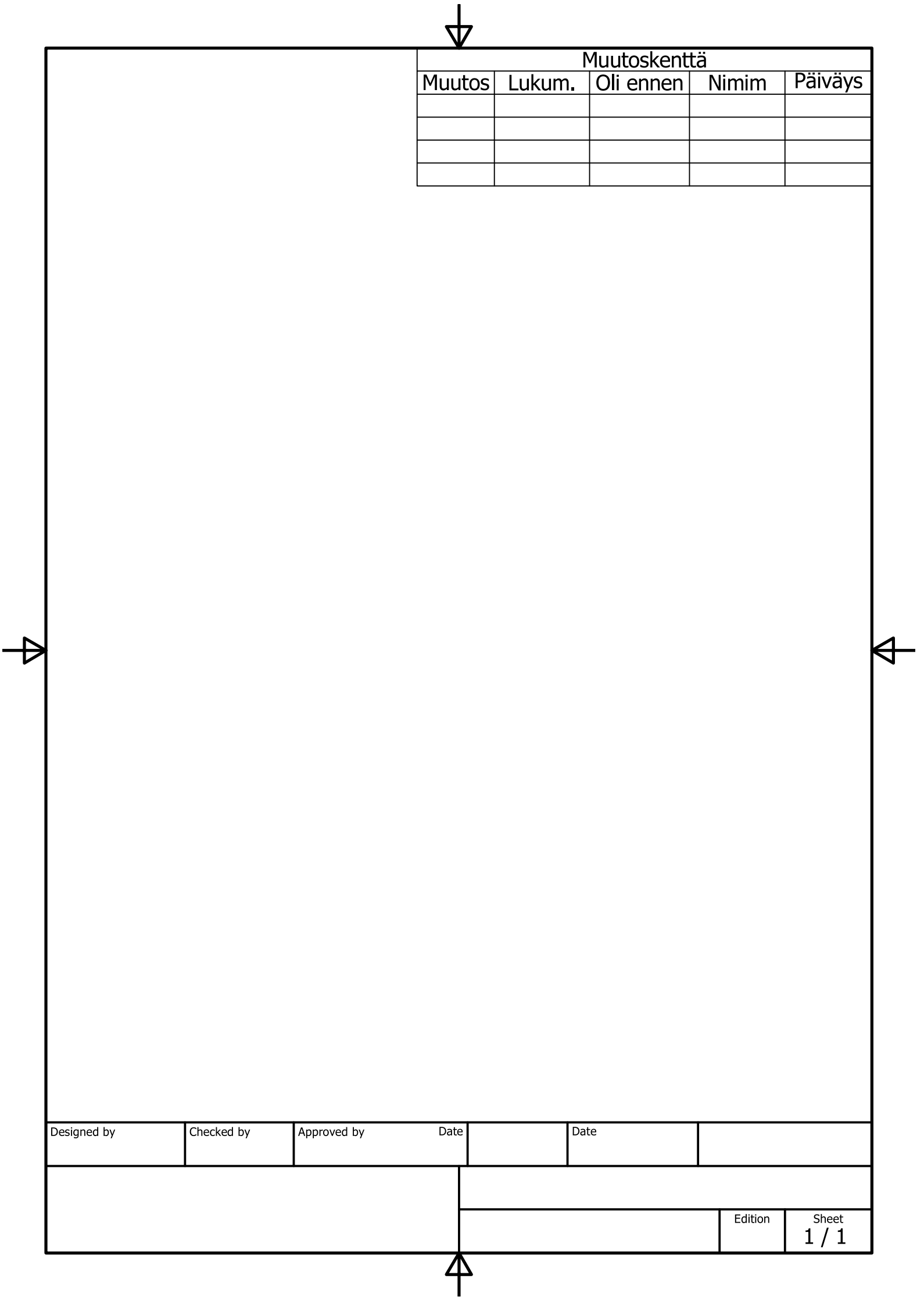
Kuva 20.1 Muutoskohta merkitään ympyrän tai kolmion sisään merkityllä kirjaimella tai numerolla.



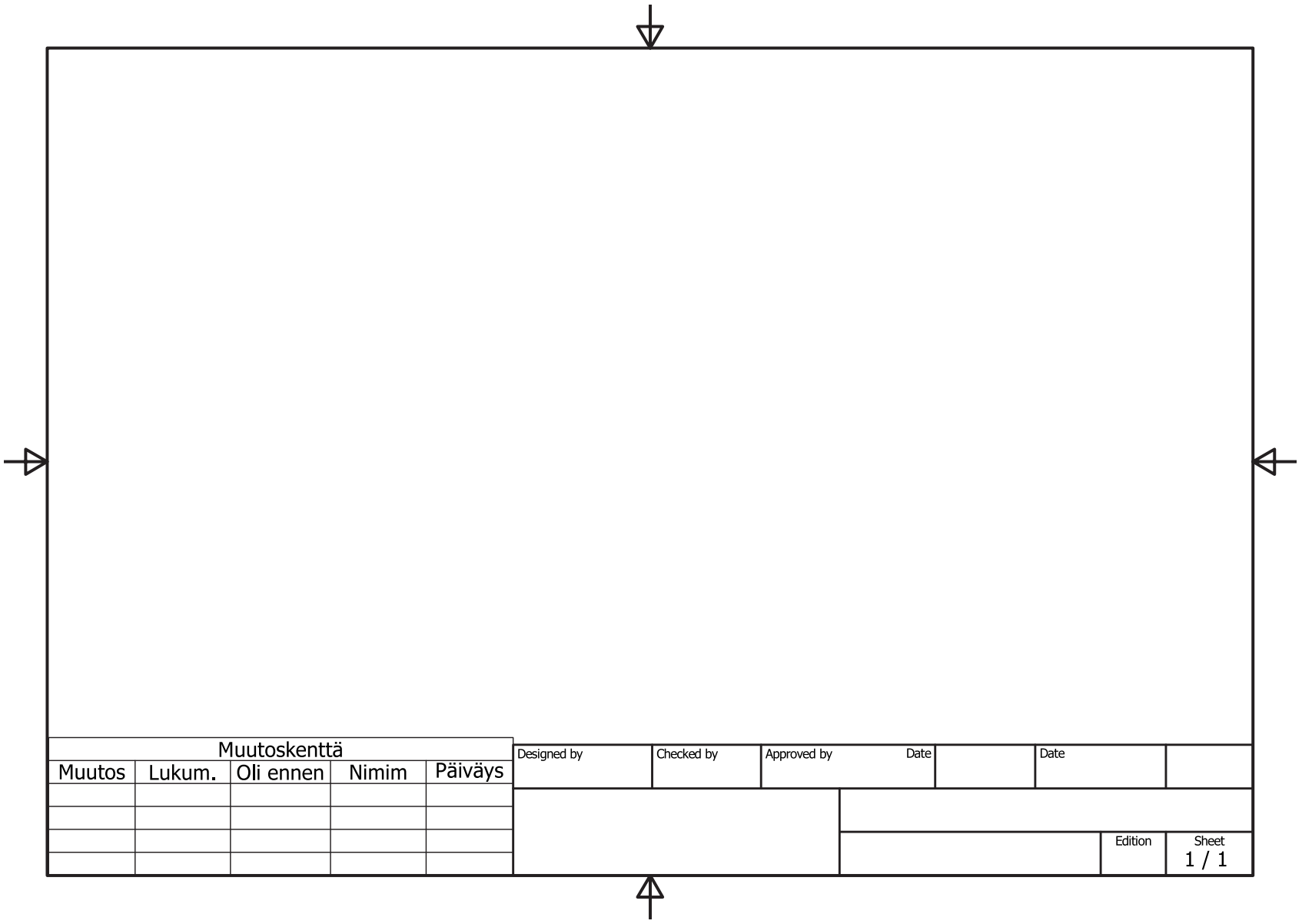
Muutos 1: Oli ennen 4

Piirustusalueen lisäksi muutostiedot kirjataan muutostaulukkoon eli muutoskenttään. Siinä esitetään muutoksen tunnuskirjain tai -numero, muutoskohtien lukumäärä, selitys muutoksesta, päiväys, muutoksen tekijä ja hyväksyjä. Lisäksi viimeisin muutostunnus merkitään piirustusnumeron perään otsikkotauluun.

Kuva 20.2 A4-kokoisissa piirustuksissa muutoskenttä sijoitetaan arkin yläosaan.



Kuva 20.3 A3-kokoisissa ja sitä suuremmissa piirustuksissa muutoskenttä sijoitetaan otsikkoalueen viereen.

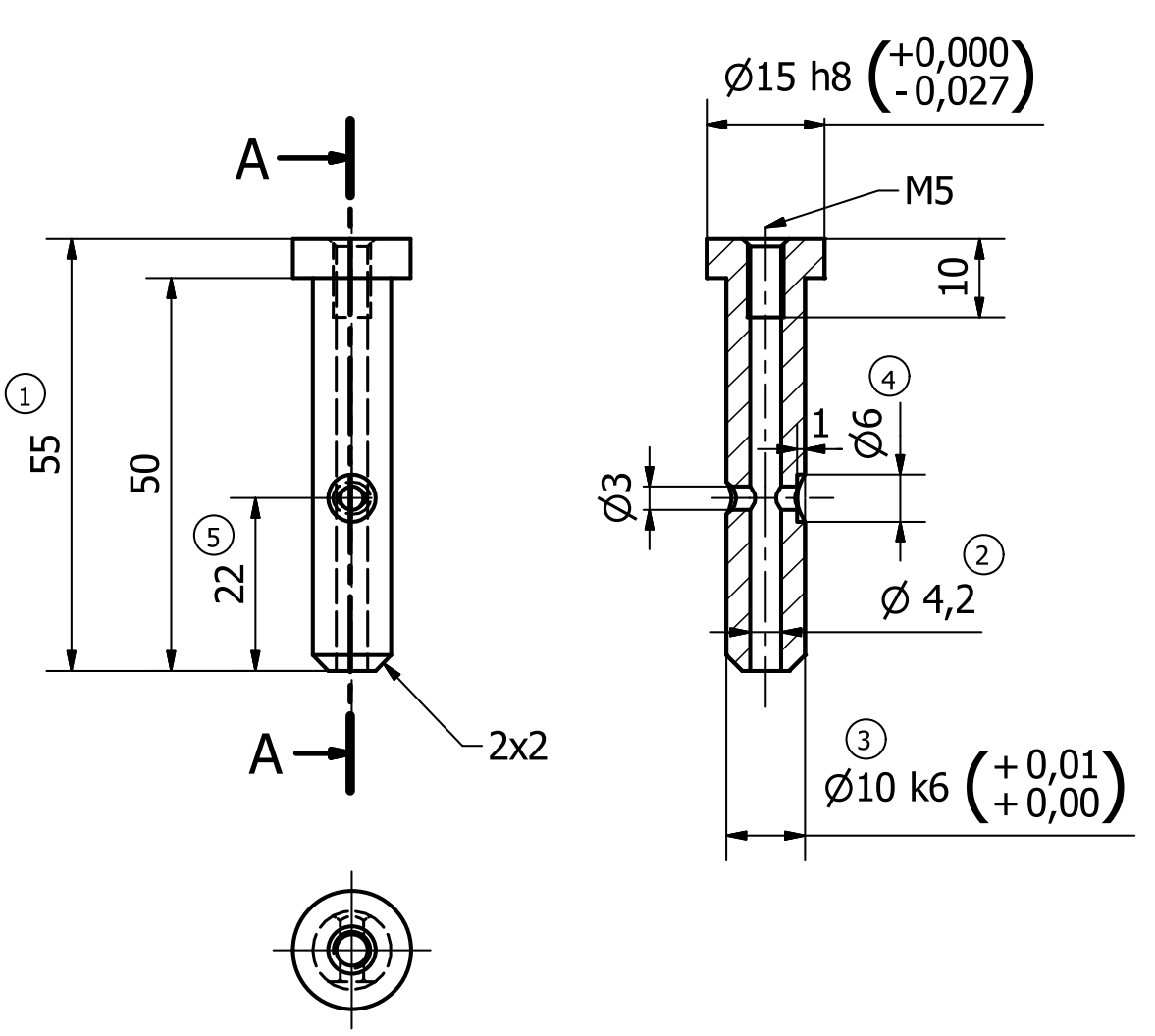


Piirustusten muutoksiin liittyviä standardeja

- **SFS-KÄSIKIRJA 174-3** Tekninen dokumentointi. Osa 3: Piirustusten, kaavioiden, osaluetteloiden ja ohjeiden laatiminen
- **SFS-EN ISO 5457** Tekninen tuotedokumentointi. Piirustuspohjien koot ja rakenne
- **SFS-ISO 7573** Tekniset tuoteasiakirjat. Osaluettelot
- **SFS-EN 62027** Osaluetteloiden laatiminen
- **SFS-EN ISO 7200** Tekninen tuotedokumentointi. Otsikkoalueen ja asiakirjan ylätunnisteen tietokentät
- **SFS-EN ISO 6433** Tekniset piirustukset. Osanumerot

Kuva 20.4 Esimerkki muutetusta piirustuksesta.

Muutostaulukko				
Muutos	Lukum	Oli ennen	Nimim.	Päiväys
1	1	58	M.H	25.5.2012
2	1	Ø3,3	M.H	22.6.2012
3	1	Ø10 k8	K.M	3.8.2012
4	1	Ø5	K.M	28.8.2012
5	1	25	M.H	15.1.2012



Kaikki merkitsemättömät terävätsärmät 1x1

Raaka-aine: CuZn39Pb3 Ø20 - 60

Designed by	Checked by	Approved by	Date		Date	
MEH					4.7.2012	

MiHe Oy	129-345-2300		
	Suutin	Edition -	Sheet 1 / 1

kertauskysymyksiä

1. Mitä asioita on muutettu edellisen sivun kuvan 20.4 muutoksissa 2 ja 5?

2. Tee edellisellä sivulla olevaan piirustukseen (n:o 129-345-2300) tarvittavat muutosmerkinnät, kun siihen tehdään seuraavat muutokset:

   – Yläosan terävä kulma muutetaan pyöristetyksi kulmaksi R1.
   – Olakeosan pituudeksi muutetaan 48 mm.

3. Miksi muutokset on merkittävä piirustuksiin?

käytännön harjoituksia työpajalla

1. Etsi työpajalla olevista asiakastyöpiirustuksista mahdollisia muutosmerkintöjä. Merkitse löytämäsi muutokset oheiseen taulukkoon ja tarkasta onko ne tehty oikeaoppisesti.

Piirustus:	Muutos tai muutokset:	Onko muutosmerkinnät tehty oikeaoppisesti?

21

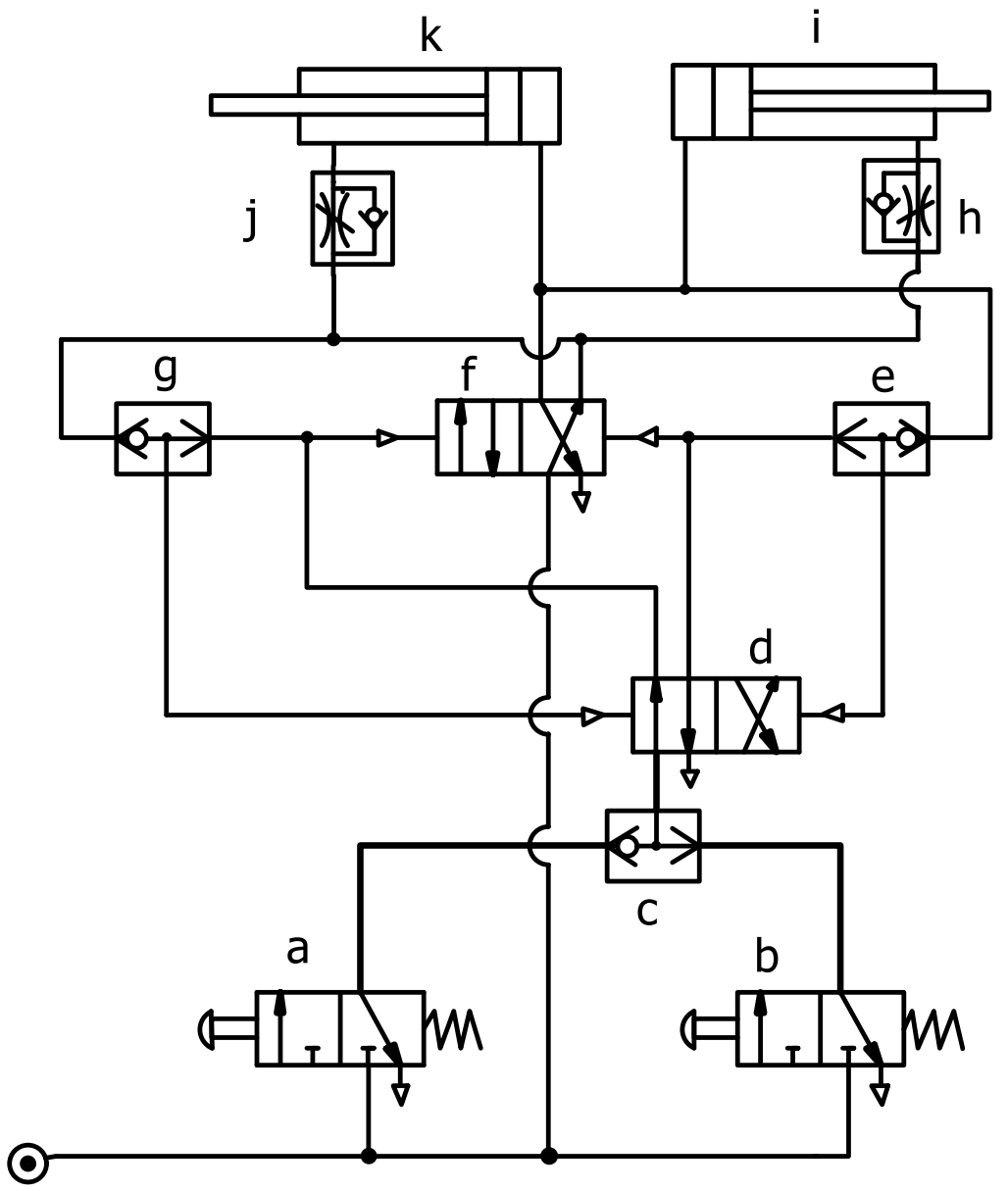
Hydrauliikka- ja pneumatiikka-kaaviot

Hydraulisissa järjestelmissä energiaa siirretään ja ohjataan nestepaineen avulla. Järjestelmän nesteenä on yleensä hydrauliikkaöljy, joka on käytännössä kokoonpuristumatonta.

Pneumaattisissa järjestelmissä energian siirtämiseen käytetään vastaavasti paineilmaa. Järjestelmän laitteisiin kuuluu erilaisia komponentteja, joita ovat esimerkiksi pumput, kompressorit, moottorit, sylinterit, venttiilit ja suodattimet. Lisäksi järjestelmässä tarvitaan putket, letkut, ohjaus- ja säätölaitteet, sekä toiminnan valvontaa varten mittalaitteet.

Järjestelmä esitetään hydrauliikka- ja pneumatiikkakaavioilla, joiden piirrosmerkit ja esitystapa on standardoitu. Seuraavassa esitetään tavallisimpia standardin mukaisia hydrauliikan ja pneumatiikan piirrosmerkkejä.

hydrauliikka	*hydraulics*
pneumatiikka	*pneumatics*
hydrauliöljy	*hydraulic oil*
ilma	*air*
järjestelmä	*system*
paine	*pressure*



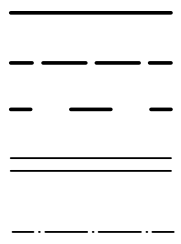
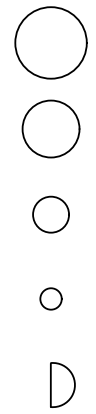
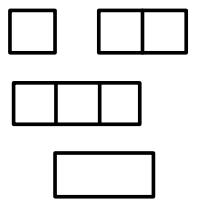
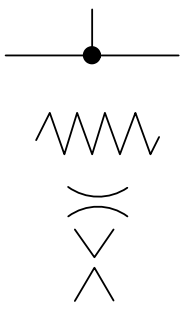
Kuva 21.1 Pneumatiikkakaavio.

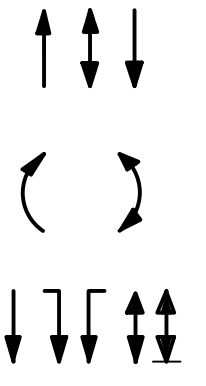
voima	*force*
pinta-ala	*area*
tilavuus	*volume*
tilavuusvirta	*flow*
työ	*work*
teho	*power*

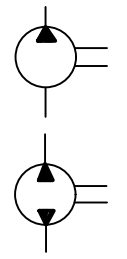
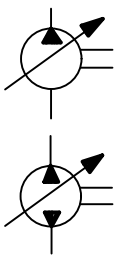
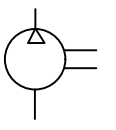
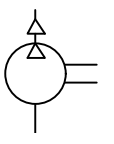
21.1 Hydrauliikan ja pneumatiikan piirrosmerkit

Hydraulisten ja pneumaattisten laitteiden piirrosmerkit muodostetaan yhdestä tai useammasta toimintamerkistä. Piirrosmerkkien koko ja sijoitus valitaan sopivaksi piirrosesityksen laadun, käyttötarkoituksen ja piirustusteknillisten seikkojen perusteella. Samassa toimintakaaviossa käytetään järjestelmällisesti samaa merkkikokoa ja merkkien keskinäiset kokosuhteet valitaan yhdenmukaisiksi.

Seuraavissa taulukoissa olevat piirrosmerkit ovat otteita hydrauliikan ja pneumatiikan piirrosmerkkejä käsittelevästä standardista.

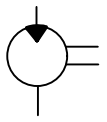
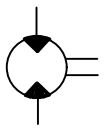
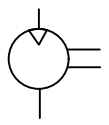
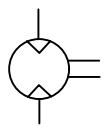
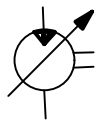
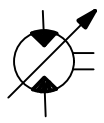
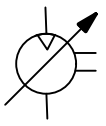
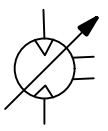
PERUSMERKIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Viivat 	Työjohto Ohjausjohto Poistojohto Akseli, vipu, tanko, mäntä Kehyksenä yhdeksi kokonaisuudeksiasennettujen laitteiden osoittamiseen
Ympyrä, puoliympyrä 	Pumppu, kompressori, moottori Mittalaite Vastaventtiili, pyörivä liitin Nivel, rulla Pyörimisliikkeeltään rajoitettu toimilaite
Neliö, suorakolmio 	Venttiili (yleensä säätöventtiilit, paitsi vasta- ja sulkuventtiili) Sylinteri
Vinoneliö	Suodatin, voitelulaite, lämmönsiirrin
Sekalaiset merkit 	Johtoliitos, (ympyränhalkaisija n. viisi kertaa viivanpaksuus) Jousi Viskositeetistä riippuva vastus Viskositeetistä riippumaton vastus

TOIMINTAMERKIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Kolmio	Virtaussuunta pneumatiikassa tai poisto vapaaseen ilmaan Virtaussuunta hydrauliikassa
Nuoli 	Suoraviivainen suunta Pyörivä suunta Virtaustiet ja virtaussuunnat venttiilissä
Vino nuoli	Säädettävyyden osoitus (Huom. Myös venttiilin sisällä oleva virtaustietä osoittava nuoli voi olla vino)

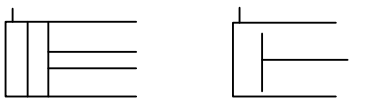
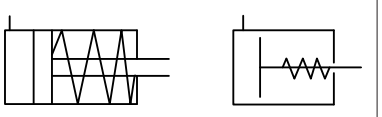
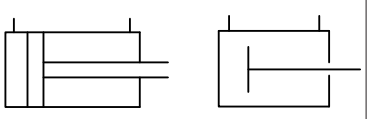
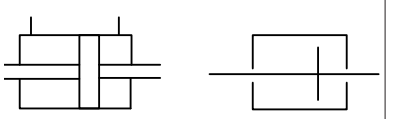
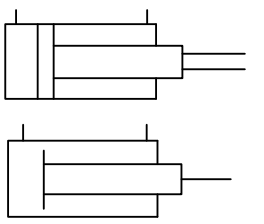
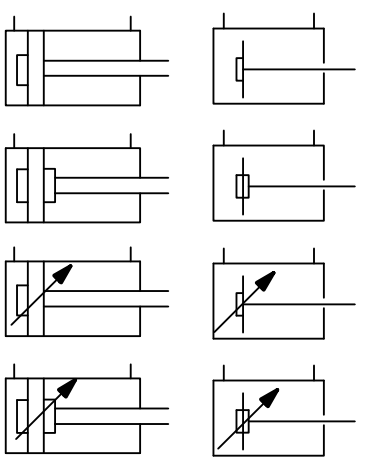
PUMPUT JA KOMPRESSORIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Vakiotilavuuspumput 	Hydraulinen,virtaus yhteen suuntaan Hydraulinen, virtaus kahteen suuntaan
Säätötilavuuspumput 	Hydraulinen,virtaus yhteen suuntaan Hydraulinen, virtaus kahteen suuntaan
Kompressorit 	Pneumaattinen, virtaus yhteen suuntaan
Tyhjiöpumput 	Pneumaattinen

hydraulimoottori	*hydraulic motor*
kompressori	*compressor*
hammaspyörä-pumppu	*gear pump*
siipipumppu	*vane pump*
ruuvipumppu	*worm-type pump*
mäntäpumppu	*piston pump*

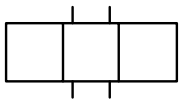
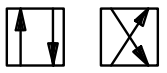
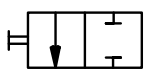
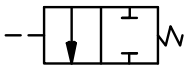
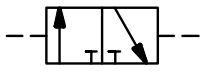
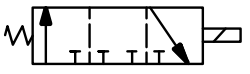
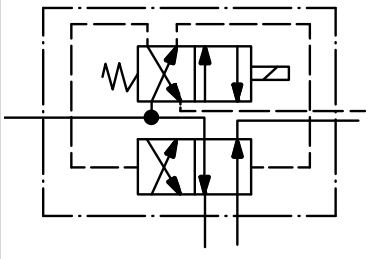
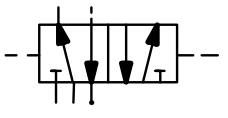
MOOTTORIT

Piirrosmerkki	Piirrosmerkin selitys
Vakiotilavuusmoottorit	
	Hydraulinen, virtaus yhteen suuntaan
	Hydraulinen, virtaus kahteen suuntaan
	Pneumaattinen, virtaus yhteen suuntaan
	Pneumaattinen, virtaus kahteen suuntaan
Säätötilavuusmoottorit	
	Hydraulinen, virtaus yhteen suuntaan
	Hydraulinen, virtaus kahteen suuntaan
	Pneumaattinen, virtaus yhteen suuntaan
	Pneumaattinen, virtaus kahteen suuntaan
Vääntömoottorit	
	Hydraulinen
	Pneumaattinen

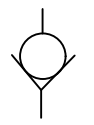
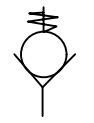
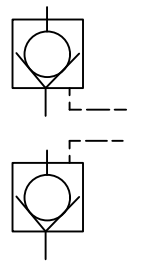
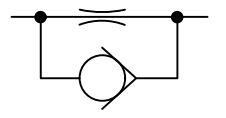
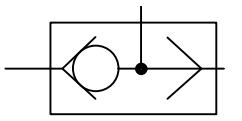
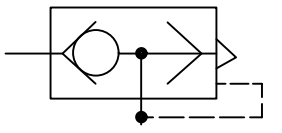
SYLINTERIT

Piirrosmerkki	Piirrosmerkin selitys
Yksitoiminen sylinteri Paineväliaine liikuttaa mäntäävain toiseen suuntaan	
	Paluuliike ulkoisen voiman avulla
	Paluuliike jousen avulla
Kaksitoiminen sylinteri Paineväliaine liikuttaa mäntää kahteen suuntaan	
	Yksipuolisella männänvarrella
	Kaksipuolisella männänvarrella
Differentiaalisylinteri	
	Männän eri puolten pinta-alojen suhde on sylinterin toiminnan kannalta merkityksellinen
Päätyasentovaimentoinen sylinteri	
	Yksipuolinen vakiovaimennus Kaksipuolinen vakiovaimennus Yksipuolinen säätövaimennus Kaksipuolinen säätövaimennus

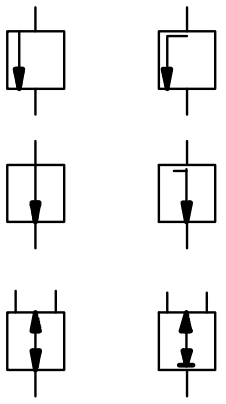
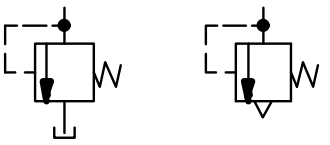
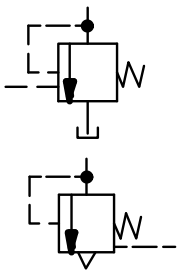
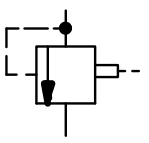
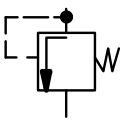
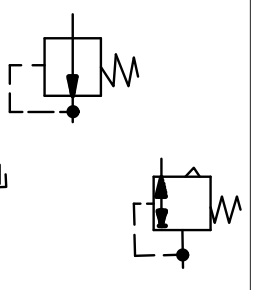
SUUNTAVENTTIILIT

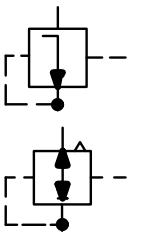
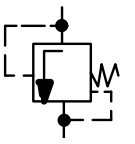
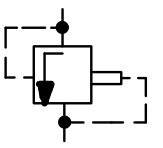
Piirrosmerkki	Piirrosmerkin selitys
	Suuntaventtiili esitetään neliörivinä, jossa johdot tavallisesti yhdistetään siihen neliöön, joka esittää perusasentoa. Muut asennot esitetään rivin muissa neliöissä siten, että kutakin asentoa vastaava neliö ajatellaan siirretyksi johtojen kohdalle.
	Yksi virtaustie
	Kaksi suljettua virtaustietä
	Kaksi virtaustietä
	Kaksi virtaustietä, yksi liitäntä suljettu
	Neljä liitäntää yhdistetty
	Yksi virtaustie, kaksi liitäntää suljettu
	2/2-suuntaventtiili, ohjaus lihasvoimalla (ensimmäinen numero ilmoittaa liitäntöjen lukumäärän, toinen numero ilmoittaa toiminta-asentojen lukumäärän)
	2/2-suuntaventtiili, ohjaus paineella palautusjousta vasten
	3/2-suuntaventtiili, ohjaus paineella molemmilta puolin
	3/2-suuntaventtiili, ohjaus sähkömagneetilla palautusjousta vasten, siirtymäasento esitetty
	4/2-suuntaventtiili, yksityiskohtainen esitys. Rakennettu yhteen ohjausventtiilinsä kanssa, jota ohjataan sähkömagneetilla palautusjousta vasten
	Edellisen suuntaventtiilin yksinkertaistettu esitys
	5/2-suuntaventtiili, ohjaus paineella molemmin puolin

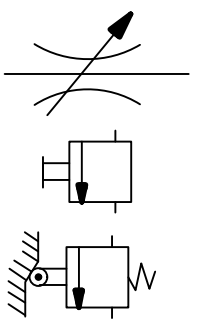
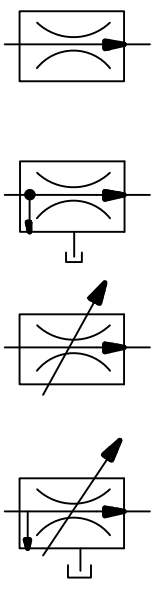
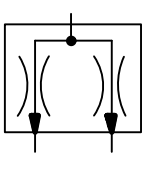
VASTAVENTTIILIT

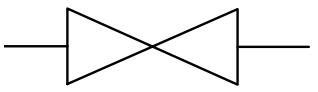
Piirrosmerkki	Piirrosmerkin selitys
Vastaventtiili 	Avauspaine-ero pieni
	Avauspaine on merkityksellinen ja määritetty
Ohjattu vastaventtiili 	Ohjauspaine estää venttiiliä sulkeutumasta AND-, JA-portti Ohjauspaine estää venttiiliä avautumasta
Vastusvastaventtiili 	Venttiili sallii vapaan virtauksen toiseen suuntaan ja vastustaa sitä toiseen suuntaan
Vaihtovastaventtiili 	Tulojohto, jossa paine on suurempi, yhdistyy yhteinen menojohto. Toinen tulojohto on sulkeutunut OR-, TAI-portti
Pikapoistoventtiili 	Pneumaattisen paineen vähetessä laiteliitännässä poistoaukko avautuu vapaaseen ilmaan

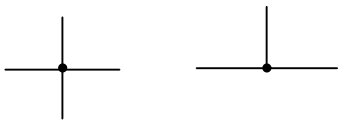
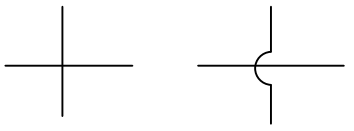
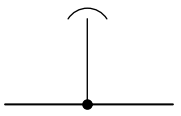
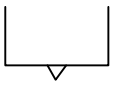
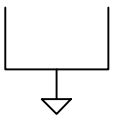
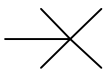
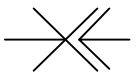
suuntaventtiili	*directional control valve*
vastaventtiili	*check valve*
paineventtiili	*pressure control valve*
virtaventtiili	*flow control valve*
pumppu	*pump*

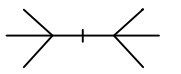
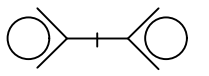
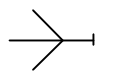
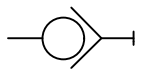
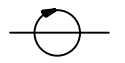
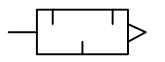
PAINEVENTTIILIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Paineventtiili 	Yksi virtaustie, perusasennossa suljettu Yksi virtaustie, perusasennossa auki Kaksi virtaustietä, perusasennossa suljettu
Paineenrajoitusventtiili 	Varoventtiili. Kun tulopaine on venttiilin sulkuvoimaa (esim. jousivoimaa) vastaavaa painetta suurempi, venttiilissä avautuu säätöaukko hydrauliikkasäiliöön ja pneumatiikassa vapaaseen ilmaan
Ohjattu paineenrajoitusventtiili 	Ohjauspaine pienentää venttiilin avautumispainetta Ohjauspaine suurentaa venttiilin avautumispainetta
Suhteellinen paineenrajoitusventtiili 	Tulopaine rajoitettu ohjauspaineeseen verrannolliseen arvoon
Paineohjausventtiili 	Avautuu säädetyllä tulopaineella, ns. sekvenssiventtiili
Paineenalennusventtiili 	Ilman paineenpoistoa Paineenpoistolla varustettu

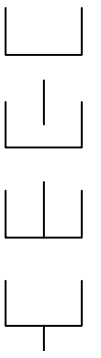
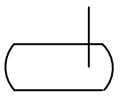
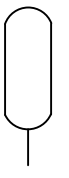
PAINEVENTTIILIT jatkuu	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Ohjaava paineenalennusventtiili 	Ilman paineenpoistoa Paineenpoistolla varustettu
Paine-eroventtiili 	Tulopaineen ja menopaineen erotus on vakio
Painesuhdeventtiili 	Tulopaineen ja menopaineen suhde on vakio

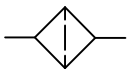
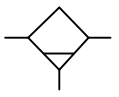
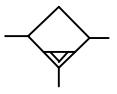
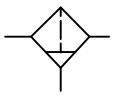
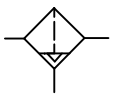
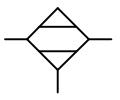
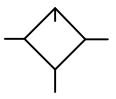
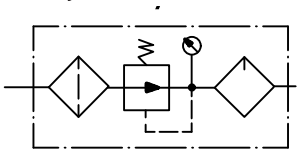
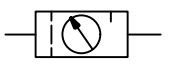
VIRTAVENTTIILIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Virtavastusventtii 	Piirrosmerkki, jossa ei esitetä ohjaustapaa eikä toimintaa Ohjaus lihasvoimin Ohjaus mekaanisesti palautusjousta vastaan (jarrutusventtiili)
Virransäätöventtiili 	Vakio tilavuusvirta, ylimääräistä osaa ei ohjata sivuun Vakio tilavuusvirta, ylimääräinen osa ohjataan sivuun Tilavuusvirta säädettävä, ylimääräistä osaa ei ohjata sivuun Tilavuusvirta säädettävä, ylimääräinen osa ohjataan sivuun
Virranjakoventtiili 	Venttiili jakaa tilavuusvirran kahteen osaan vakiosuhteessa paineen ja tilavuusvirran vaihteluista riippumatta

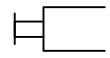
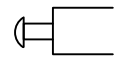
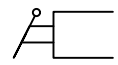
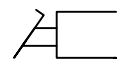
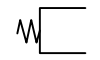
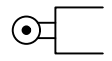
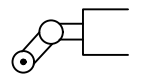
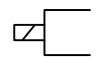
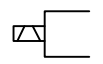
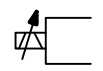
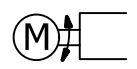
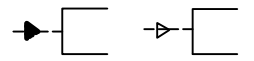
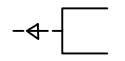
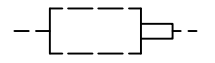
SULKUVENTTIILIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Sulkuventtiili 	Yksinkertaistettu piirrosmerkki

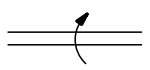
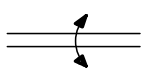
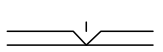
ENERGIAN SIIRTO JA LIITÄNNÄT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Johdot ja letku	Työjohto (paine-, paluu-, imu- ja syöttöjohto)
	Ohjausjohto (voidaan myös käyttää edellisiä piirrosmerkkejä)
	Vuotojohto
	Taipuisa letku, jota käytetään esimerkiksi liikkuvien elimien kytkennässä
	Johtoliitos
	Risteävät johdot, joita ei saa liittää toisiinsa
Ilman poisto 	Ilmapoisto hydraulisessa järjestelmässä
	Kierteetön poistoaukko pneumaattisessa järjestelmässä
	Kierteitetty poistoaukko pneumaattisessa järjestelmässä
Liitäntäkohta Laitteissa ja johdoissa mittaamista tai energian ottamista varten 	Suljettu tulppa
	Varustettu liitäntäjohdolla

ENERGIAN SIIRTO JA LIITÄNNÄT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Pikaliitin 	Kytkettynä ilman vastaventtiiliä
	Kytkettynä ja varustettuna kahdella kytkettäessä aukeavalla vastaventtiilillä
	Kytkemättömänä ilman vastaventtiilejä
	Kytkemättömänä ja varustettuna kytkettäessä aukeavalla vastaventtiilillä
Pyörivä liitin Paineen alaisena pyöritettävissä oleva liitin 	Yksi virtaustie
	Kolme virtaustietä
Äänenvaimennin 	Pneumaattinen

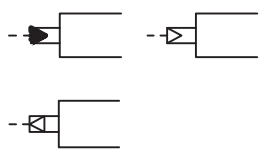
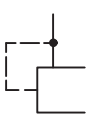
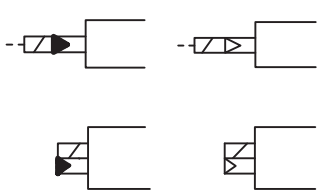
SÄILIÖT JA PAINEAKUT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Paineeton säiliö 	Säiliö yleensä
	Säiliö, jossa johdot nestepinnan yläpuolella
	Säiliö, jossa johdot nestepinnan alapuolella
	Tasaussäiliö
Paineenalainen säiliö 	Säiliö
Paineakku 	Nestepainetta ylläpitävä jousi, paino tai kaasu (ilma, typpi, jne)

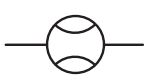
SUODATTIMET, VOITELU- JA MUUT HUOLTOLAITTEET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Suodatin, siivilä 	Suodatin tai siivilä
Vedenerotin  	Käsin ohjattava tyhjennys Automaattinen tyhjennys
Vedenerottimella varustettu suodatin  	Käsin ohjattava tyhjennys Automaattinen tyhjennys
Ilmankuivaaja 	Laite kuivaa ilman kemikaalien avulla
Voitelulaite 	Laite sekoittaa läpivirtaavaan ilmaan hiukan öljyä, joka voitelee järjestelmään liitetyt laitteet
Huoltoyksikkö  	Laitteeseen kuuluvat suodatin, paineenalennusventtiili, painemittari ja voitelulaite Huoltoyksikön yksinkertaistettu piirrosmerkki

OHJAUSTAVAT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Lihasohjaus    	Yleensä Painonapilla Vivulla Polkimella
Mekaaninen ohjaus   	Tapilla Jousella Rullalla Rullalla vain yhteen suuntaan, ns. nivelrulla
Sähköinen ohjaus    	Sähkömagneetilla, yksi käämi Sähkömagneetilla, kaksi eri suuntaan vaikuttavaa käämiä Sähkömagneetilla, kaksi eri suuntaan progressiivisesti toimivaa käämiä Sähkömoottorilla
Välitön paineohjaus   	Ohjauspainetta lisäämällä Ohjauspainetta vähentämällä Differentiaalinen paine

MEKAANISET ELIMET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Pyörivä akseli  	Pyörimisliike yhteen suuntaan Pyörimisliike kahteen suuntaan
Asentosalpa 	Pitää laitteen tarkoitetussa toiminta-asennossa

öljysäiliö	*oil reservoir, tank*
suodatin	*filter*
imuputki	*suction line*
paluuputki	*return line*
täyttöaukon tulppa	*filler-breather*
tyhjennystulppa	*drain plug*
huoltoluukun kansi	*inspection cover*
sylinteri	*cylinder*
putki	*pipe*
letku	*hose*
liitin	*connector*
liitos	*coupling*

OHJAUSTAVAT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Välillinen paineohjaus 	Ohjauspainetta lisäämällä Ohjauspainetta vähentämällä
Sisäinen ohjaustie venttiilissä 	Sisäinen ohjaustie
Yhdistetty ohjaus 	Sähkömagneetilla ja ohjausventtiilillä Sähkömagneetilla tai ohjausventtiilillä

MITTAUSLAITTEET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Painemittari	Painemittari paineen mittaamista varten
Lämpömittari	Lämpömittari esim. öljyn lämpötilan mittaamiseen
Tilavuusvirtamittari 	Tilavuusvirtamittari tilavuusvirran mittaamista varten

painemittari	*pressure gauge, manometer*
lämpömittari	*thermometer*
tilavuusvirtamittari	*flowmeter*
pinnankorkeuden osoitin	*oil-level indicator*

1. Rakenna työpajalla kytkentäkaavion (kertauskysymys 1) mukainen automaatiolaitteisto kytkentäalustalle. Testaa, että laitteisto toimii liikekaavion mukaisesti.

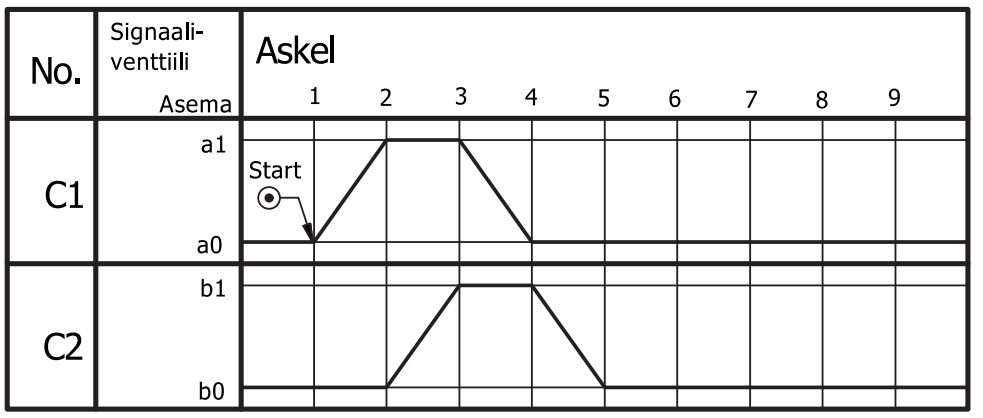
2. Rakenna työpajalla viereisen sivun kytkentäkaavion (kertauskysymys 2) mukainen järjestelmä.

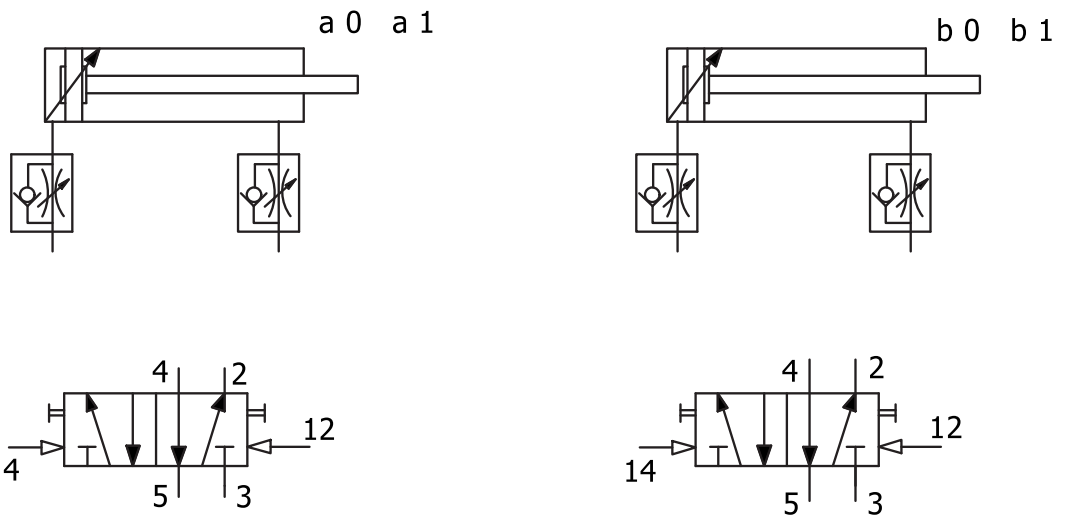
   Testaa, että laitteisto toimii tarkoitetulla tavalla esimerkkikaavion mukaisesti.

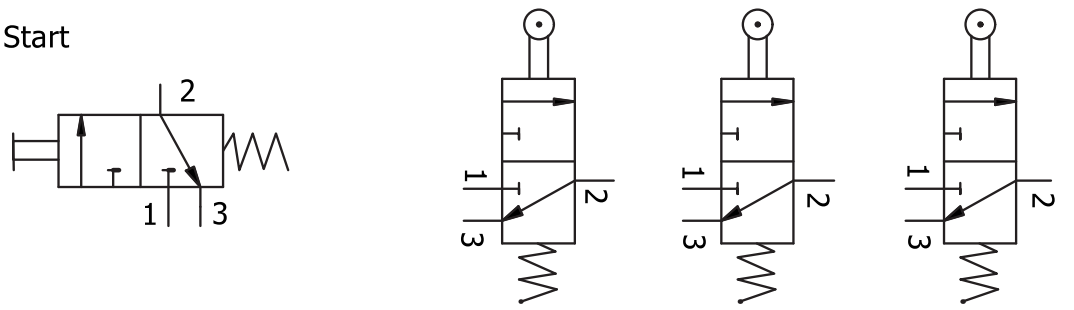
Hydrauliikka- ja pneumatiikkakaavioihin liittyviä standardeja

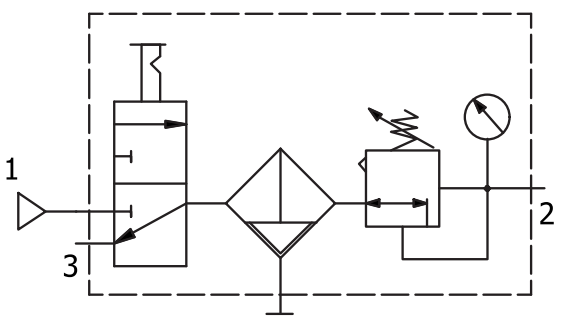
- **SFS-KÄSIKIRJA 93-5** Koneiden turvallisuus. Osa 5: Hydrauliikka ja pneumatiikka, paloturvallisuus, hygienia
- **SFS-ISO 5598** Hydrauliikka ja pneumatiikka. Sanasto
- **SFS-ISO 1219-1** Hydrauliset ja pneumaattiset tehonsiirtojärjestelmät ja komponentit. Piirrosmerkit ja piirikaaviot. Osa 1: Piirrosmerkit tavanomaiseen käyttöön ja ATK-sovelluksiin

1. Alla on pneumatiikkakytkennästä esitetty liikekaavio ja keskeneräinen kytkentäkaavio.
   Täydennä kytkentäkaavioon siitä puuttuva putkisto siten, että kytkentä toimii liikekaavion mukaisesti.









2. Piirrä CAD-piirustusohjelmaa käyttämällä hydrauliikan tai pneumatiikan kytkentäkaavio opettajan antaman esimerkkikaavion mukaisesti.

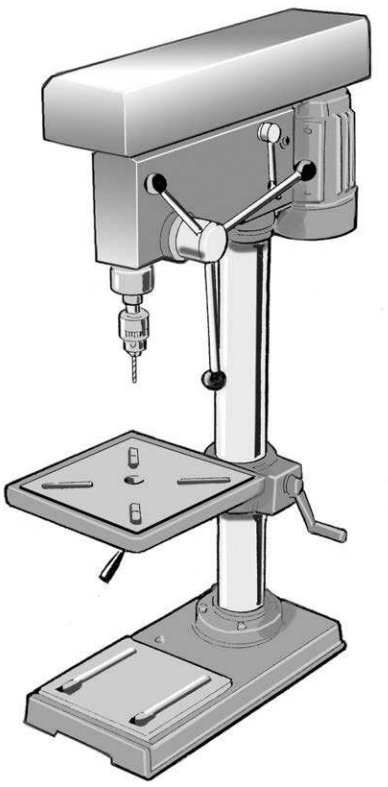
22 Sähkö-kaaviot

Sähkökaaviot ovat sähkövirtapiirejä kuvaavia sähköpiirustuksia, joissa virtapiiriin kuuluvat erilaiset komponentit kuvataan piirrosmerkein. Sähköpiirustuksien piirrosmerkit on standardoitu.

Tärkeimmät sähkökaaviot ovat pääkaavio, piirikaavio ja johdotuskaavio.

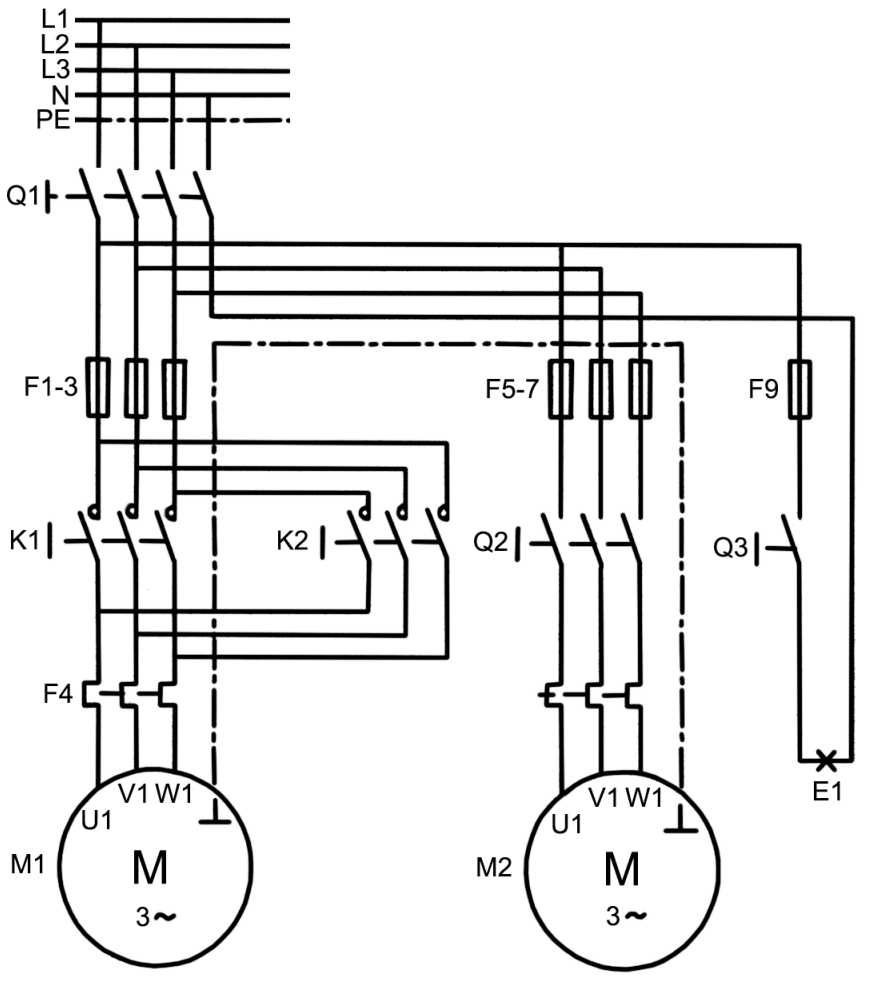
Sähköisiin laitteisiin kuuluu varsinaisten johtimien lisäksi erilaisia komponentteja, joita ovat esimerkiksi liittimet, kytkimet, koskettimet, rasiat, vastukset, kelat, kondensaattorit, käämit, diodit, transistorit, moottorit, muuntajat, releet ja mittarit.

Seuraavassa esitetään tavallisimpia standardin mukaisia sähkötekniikkaan liittyviä piirrosmerkkejä.

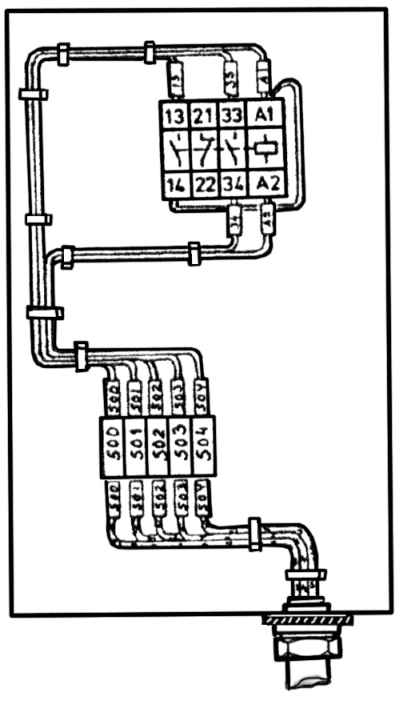


Kuva 22.1 Penkkiporakone ja siihen liittyvät sähkökaaviot:
a) sähkökytkentöjen pääkaavio
b) sähkökytkentöjen asennuskuva (johdotuskaavio)

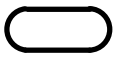
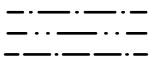
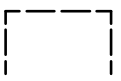
a)

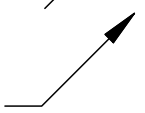
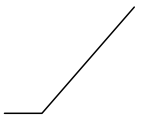
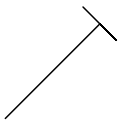
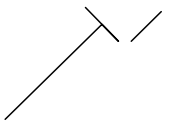
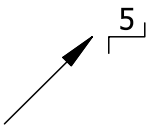


b)

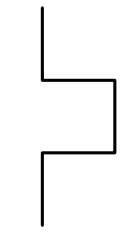


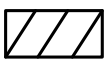
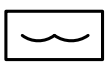
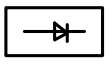
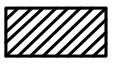
22.1 Sähkökaavioiden piirrosmerkit

MERKKIALKIOT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Ääriviivat ja kotelot	
Muoto 1	Yksikkö, Laite, koje, Toiminnallinen yksikkö
Muoto 2	
Muoto 3	(Piirrosmerkin yhteyteen on lisättävä asianmukaisia merkkejä tai selityksiä kuvaamaan yksikköä, laitetta tai toimintaa.)
	Kuori, kupu
	Kotelo
	Rajaviiva, kehäviiva
	Suoja (esimerkiksi sähköinen tai magneettinen)

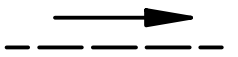
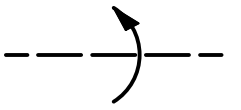
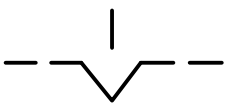
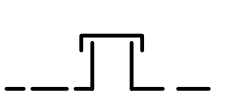
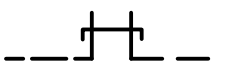
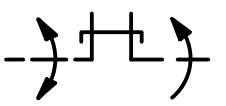
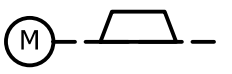
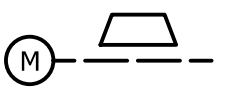
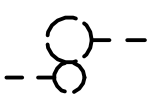
MUUTTUVUUS	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Ulkoinen muuttuvuus, ulkoinen säädettävyys
	Ulkoinen epälineaarinen muuttuvuus
	Sisäinen lineaarinen muuttuvuus (Säätävää suuretta, esimerkiksi jännitettä tai lämpötilaa, koskeva tieto voidaan esittää piirrosmerkin vieressä.)
	Sisäinen epälineaarinen muuttuvuus
	Asettelu (Piirrosmerkin vieressä voidaan esittää tieto tilasta, jossa asettelu on sallittu.)
	Portaaton asettelu
	Ulkoinen viisiportainen muuttuvuus
	Automaattinen sisäinen säätö (Säädettävä suure voidaan esittää piirrosmerkin yhteydessä.)

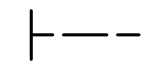
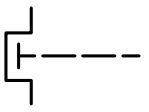
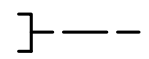
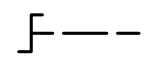
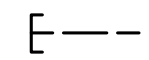
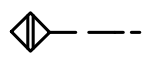
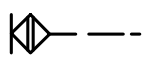
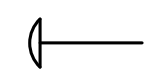
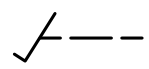
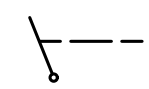
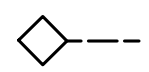
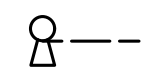
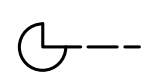
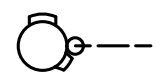
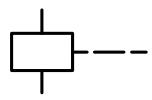
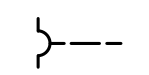
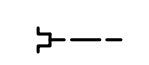
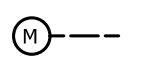
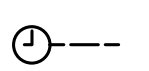
TARKENNUSMERKIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
Sähkölajit	
Muoto 1	Tasasähkö, tasavirta, tasajännite (Jännite ja virta voidaan esittää piirrosmerkin oikealla puolella ja järjestelmän laji vasemmalla puolella.)
Muoto 2	
2M ⎓ 220/110 V DC 10A tai ⎓10A	Esimerkki: Kolmijohtiminen tasasähköjärjestelmä 220 V (110 V) äärijohtimen ja keski-johtimen välillä. Merkinnän 2M asemesta voidaan merkitä 2 + M. Myös kirjainlyhennettä DC voidaan käyttää.
	Vaihtosähkö, vaihtovirta, vaihtojännite
3N ~ 50Hz 400/230V AC 380V tai ~380V	Esimerkki: Kolmivaihejärjestelmä, nollajohdin, taajuus 50 Hz, 400 V (230 V vaiheen ja nolla-johtimen välillä.) Merkinnän 3N asemesta voidaan merkitä 3 + N. Myös kirjainlyhennettä AC voidaan käyttää.
	Vaihtosähkön tasasuunnattu osa, jos se on tarpeen erottaa puhtaasta tasasähköstä
+	Positiivinen napaisuus, tasasähkön plus-napa
-	Negatiivinen napaisuus, tasasähkön miinus-napa
N	Nollajohdin
M	Keskijohdin

VAIKUTUS JA MUUTTUVUUS	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Lämpövaikutus
	Sähkömagneettinen vaikutus
	Magneettikentän vaikutus tai riippuvuus siitä
	Viivästys, viipymä, viive (esimerkiksi kiinteä vakioaikahidastus)

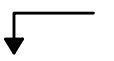
AINEIDEN ESITTÄMINEN	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Kiinteä aine
	Nestemäinen aine
	Kaasumainen aine
	Elektreeninen aine
	Puolijohtava aine
	Eristävä aine, eriste

Muut yleiskäytössä olevat piirrosmerkit

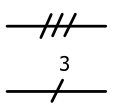
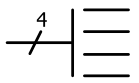
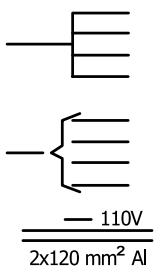
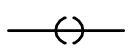
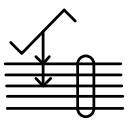
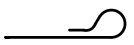
MEKAANINEN OHJAUS	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Voiman tai liikkeen suunta mekaanisessa kytkennässä
	Pyörimissuunta mekaanisessa kytkennässä (nuolen suunnan katsotaan olevan kytkennän piirrosmerkin etupuolella)
	Automaattinen palautus (palautuksen suunta osoitetaan kolmiolla).
	Pidäke vapaana
	Pidäke kytkettynä
	Salpalaite vapaana
	Salpalaite kytkettynä
	Mekaaninen kytkentä vapaana
	Mekaaninen kytkentä kytkettynä Esimerkki: Yksisuuntainen pyörimisliikkeen kytkinlaite, vapaakytky
	
	Jarru
	Esimerkki: Sähkömoottori, jarru kytkettynä
	Esimerkki: Sähkömoottori, jarru vapaana
	Hammasvaihde

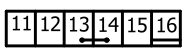
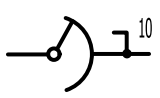
KÄYTTÖLAITTEET JA -MENETELMÄT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Ohjaus käsin, yleinen tapaus
	Ohjaus käsin, tahaton käyttö estetty
	Ohjaus vetämällä
	Ohjaus kääntämällä
	Ohjaus painamalla tai työntämällä
	Ohjaus lähivaikutuksella
	Ohjaus hipaisemalla
	Hätäkytkin (sienimäinen muoto turvallisuuspiirteenä)
	Ohjaus polkimella
	Ohjaus vivulla tai sauvalla
	Ohjaus irrotettavalla kahvalla tai vääntimellä
	Ohjaus avaimella
	Ohjaus muotopyörällä
	Ohjaus nokkapyörällä ja rullalla
	Ohjaus sähkömagneettisella käyttölaitteella
	Ohjaus sähkömagneettiselta ylivirtasuojalta
	Ohjaus termiseltä käyttölaitteelta (esimerkiksi lämpörele, terminen ylivirtasuoja)
	Ohjaus sähkömoottorilla
	Ohjaus sähkökellolla

MAA- JA RUNKOLIITÄNNÄT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Maa, maadoitus (yleismerkki)
	Häiriötön maa, häiriötön maadoitus
	Suojamaa, suojamaadoitus
joko tai	Runko, teline

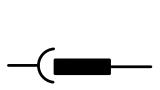
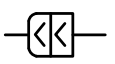
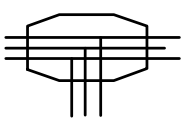
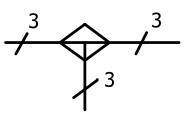
MUITA PIIRROSMERKKEJÄ	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Kestomagneetti
	Liikkuva kosketin (esimerkiksi liukukosketin)
	Muutin, muunnin, muuttaja (yleismerkki)

Johtimet ja liitäntälaitteet

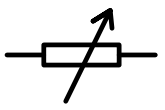
JOHTIMET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Muoto 1 ja muoto 2 Kolme johdinta
	Muoto 1, muoto 2 ja muoto 3 Siirtyminen yksiviivaisesta esitystavasta moniviivaiseen. Johdinten yhdistäminen johdinnipuksi. Johdinten lukumäärää nipussa esittävä merkintä voidaan selvyyden salliessa jättää pois.
	Esimerkki: Tasavirtapiiri, 110 V, kaksi 120 mm² alumiinijohdinta.
	Taipuisa johdin
	Johtavalla sähköisellä suojalla varustettu johdin
	Kierretyt johtimet (tässä on kaksi johdinta)
	Kaapeli, jonka kaksi johdinta on kierretty yhteen
	Johdin tai kaapeli, jota ei ole kytketty
	Johdin tai kaapeli, jota ei ole kytketty mutta jonka päät on suojaeristetty

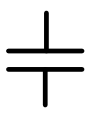
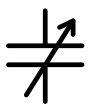
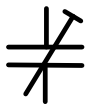
LIITÄNNÄT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Liitäntäpiste, liitin (Huom. ympyrä voidaan mustata)
	Liitinrima (tässä esimerkissä liitinpisteet on merkitty numeroin,liittimet 14 ja 15 on yhdistetty, liitin 16 on katkaistava)
	Muoto 1 ja muoto 2 Johdinten haaroittuminen
	Esimerkki: Moniasentoinen kiertovalitsijan kosketinryhmä (10 kosketinryhmää).

JOHDIN- JA LIITINTUNNUKSET		
Piirrosmerkki		**Piirrosmerkin selitys**
L		Vaihejohdin ja sen liitintunnus
N		Nollajohdin ja sen liitintunnus
L1	U	Vaihejohdin 1 ja sen liitintunnus
L2	V	Vaihejohdin 2 ja sen liitintunnus
L3	W	Vaihejohdin 3 ja sen liitintunnus
E		Maadoitusjohdin ja sen liitintunnus
Pe		Suojamaadoitusjohdin ja sen liitintunnus

LIITÄNTÄLAITTEET JA KAAPELIVARUSTEET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Pistukka tai sen yksi napa, naaraskosketin tai sen yksi napa
	Pistoliitin, uros- ja naaraskoskettimet
	Liitinyksikkö, kiinteä osa (Huom. merkkiä käytetään vain silloin kun halutaan erottaa toisistaan liitinyksikön kiinteä ja irrotettava osa.)
	Kytketty liitinyksikkö, pistikepuoli kiinteä, pistukkapuoli irrotettava (kulmat pyöristetty) (Huom. merkkiä käytetään vain silloin kun halutaan erottaa toisistaan liitinyksikön kiinteä ja irrotettava osa.)
	Haaroitusrasia (esimerkissä on kolmen johtimen T-liitos)
	Edellisestä yksiviivainen esitystapa

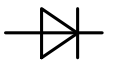
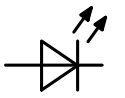
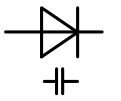
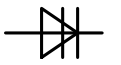
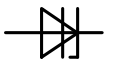
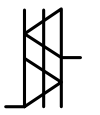
Passiiviset komponentit

VASTUKSET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Vastus (yleismerkki) (Huom. muuttuvuutta tms. esittäviä tarkennusmerkkejä voidaan lisätä tarvittaessa.)
	Säädettävä vastus
	Vastus, jossa on liukukosketin
	Sama kuin edellinen, portaaton säätö
	Sama kuin edellinen, portaittainen säätö
	Potentiometri (jännitteenjakaja), jossa on liukukosketin
	Lämmityselementti, lämmitysvastus

KONDENSAATTORIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Kondensaattori (yleismerkki)
	Säädettävä kondensaattori
	Aseteltava kondensaattori

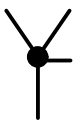
INDUKTIOKÄÄMIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Induktiokäämi, kela, käämi
	– Esimerkki: Induktiokäämi, jossa on magneettinen sydän
	– Esimerkki: Portaattomasti säädettävä induktiokäämi, jossa on magneettinen sydän
	– Esimerkki: Induktiokäämi, jonka liukukosketin on portaittain liikuteltava

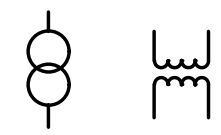
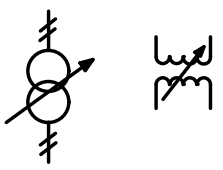
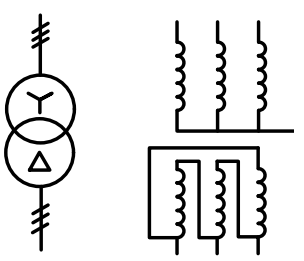
Puolijohteet

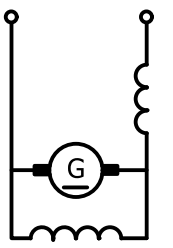
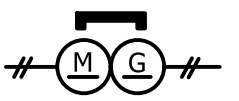
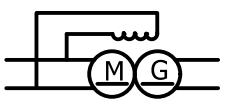
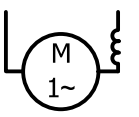
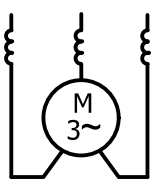
DIODIT JA TYRISTORIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Puolijohdediodi (yleismerkki)
	Loistediodi, LED (yleismerkki)
	Varaktori eli kapasitanssidiodi
	Diodityristori, joka ei johda estosuunnassa
	Diodityristori, joka johtaa estosuunnassa
	Kaksisuuntainen diodityristori
	Tyristori (yleensä) (Tätä piirrosmerkkiä käytetään esittämään triodityristoria, joka ei johda estosuunnassa silloin, kun ei ole tarpeen määrätä hilatyyppiä.)

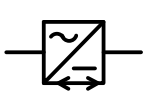
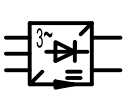
TRANSISTORIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	PNP-transistori
	NPN-transistori, jonka kollektori on kuoreen kytketty
	Kaksikantainen NPN-transistori
	Fototransistori, PNP-tyyppinen

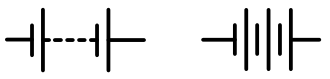
Sähköenergian tuottaminen ja muuttaminen

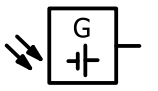
KÄÄMIN KYTKENTÄ	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Kolme erillistä käämiä
	Kuusi erillistä käämiä
	Kaksivaihekäämi, kolmijohtiminen kaksivaihekytkentä
	Kolmivaihekäämi, V-kytkentä (60°)
	Nelivaihekäämi, nelivaihekytkentä, nollapiste esillä
	Kolmivaihekäämi, T-kytkentä
	Kolmivaihekäämi, kolmiokytkentä, D-kytkentä
	Kolmivaihekäämi, tähtikytkentä, Y-kytkentä
	Kolmivaihekäämi, tähtikytkentä, nollapiste esillä, YN-kytkentä

MUUNTAJAT JA KURISTIMET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Kaksikäämimuuntaja
	Kolmikäämimuuntaja
	Säädettävä muuntaja
	Kolmivaihemuuntaja, kytkentä tähti-kolmio

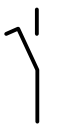
SÄHKÖKONEET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Kommutointi- tai kompensointikäämi (merkkialkio)
	Sarjakäämi (merkkialkio)
	Rinnakkaiskäämi tai erillinen käämi (merkkialkio)
	Harja (varustettu liukurenkaalla tai kommutaattorilla)
	Lineaarimoottori (yleismerkki)
	Askelmootttori (yleismerkki)
	Kaksijohtiminen sivuvirtakompoundigeneraattori (esitetty myös liittimet ja harjat)
	Pyörivä kestomagneettikentällä varustettu tasavirtamuuntaja (moottorigeneraattori)
	Pyörivä yhteisellä magnetointikäämillä varustettu tasaviertamuuttaja (moottorigeneraattori)
	Yksivaiheinen vaihtovirtasarjamoottori
	Kolmivaiheinen vaihtovirtasarjamoottori

TASASUUNTAAJAT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Tasasuuntaaja
	Vaihtosuuntaaja
	Tasasuuntaaja/vaihtosuuntaaja
	Tasasuuntaaja, kolmivaihesyöttö

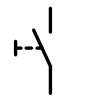
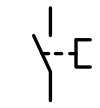
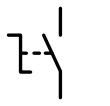
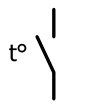
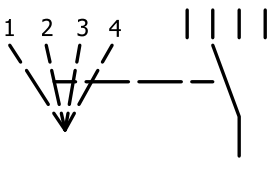
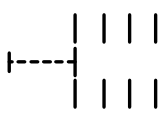
SÄHKÖPARIT JA AKUT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Sähköpari tai akku (Huom. Pitkä viiva esittää positiivista ja lyhyt viiva negatiivista napaa. Selvyyden vuoksi lyhyt viiva voidaan piirtää paksummaksi.)
	Akusto tai paristo

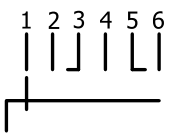
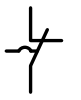
STAATTISET SÄHKÖGENERAATTORIT	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Lämpösähkögeneraattori, jossa on radioisotooppinen lämpölähde
	Fotosähköinen generaattori

Kytkin-, ohjaus- ja suojalaitteet

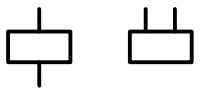
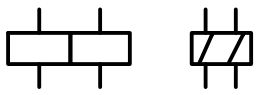
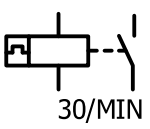
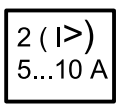
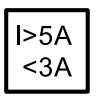
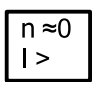
KOSKETTIMET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Sulkukosketin (Huom. tätä piirrosmerkkiä käytetään myös kytkimen yleismerkkinä.)
	Avauskosketin
	Vaihtokosketin, avautuu ennen sulkeutumista
	Pyyhkäisykosketin, sulkeutuu hetkeksi vetoliikkeen aikana
	Pyyhkäisykosketin, avautuu hetkeksi vetoliikkeen aikana
	Sulkukosketin, joka sulkeutuu aikaisemmin kuin muut saman kosketinsarjan koskettimet
	Sulkukosketin, joka sulkeutuu myöhemmin kuin muut saman kosketinsarjan koskettimet
	Avauskosketin, joka avautuu myöhemmin kuin muut saman kosketinsarjan koskettimet

KOSKETTIMET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Avauskosketin, joka avautuu aikaisemmin kuin muut saman kosketinsarjan koskettimet
	Sulkukosketin, vetohidastus
	Avauskosketin, päästöhidastus
	Sulkukosketin, sekä veto- että päästöhidastus
	Sulkukosketin, jousipalautus
	Sulkukosketin, säilyttää annetun asennon
	Avauskosketin, jousipalutus
	Lämpöreleen kosketin

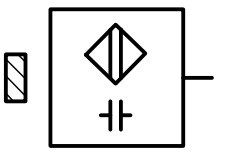
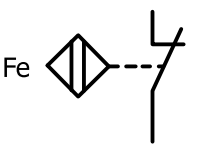
KYTKIMET, KYTKENTÄLAITTEET JA KÄYNNISTIMET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Käsin ohjattava kytkin (yleismerkki)
	Painekytkin, palautuva
	Vetokytkin, palautuva
	Kiertokytkin, salpautuva
	Asemakytkin, sulkukosketin tai rajakytkin, sulkukosketin
	Asemakytkin, avauskosketin tai rajakytkin, avauskosketin
	Lämpötuntoinen kytkin, sulkukosketin
	Lämpötuntoinen kytkin, avauskosketin
	Omatoiminen lämpökytkin, avauskosketin (termisellä laukaisulaitteella varustettu suojakatkaisija)
	Kaasupurkausputki, jossa on lämpöelementti (loistevalaisimen sytytin)
	Hitauskytkin (toimii äkillisen nopeudenmuutoksen vaikutuksesta)
	Esimerkki asentokaaviosta: (Huom. Joissakin tapauksissa on tarpeellista merkitä asentokaavioon jokaisen kytkinasennon tarkoitus tekstillä.)
	Käsin ohjattu neliasentoinen kytkin, jossa on neljä itsenäistä piiriä

KYTKIMET, KYTKENTÄLAITTEET JA KÄYNNISTIMET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Moninapaisen 6-asentoisen kytkimen yksi napa Liikkuvan kosketinosan siirtyessä asennosta 2 asentoon 3, kosketin toimii muita aikaisemmin ja sen siirtyessä asennosta 5 asentoon 6, kosketin toimii muita myöhemmin. Kun liikkuva kosketinosa siirtyy vastakkaiseen suuntaan, aikaisempi toiminta muuttuu myöhäisemmäksi ja päinvastoin.
	Kontaktori, kosketin auki lepoasennossa
	Automaattisella laukaisulaitteella varustettu kontaktori
	Magneettisella laukaisulaitteella varustettu suojakatkaisija
	Kuormaerotin, tehoerotin
	Automaattisella laukaisulaitteella varustettu kuormaerotin
	Portaittain toimiva käynnistin (Huom. portaiden lukumäärä voidaan merkitä
	Käynnistin – säädin
	Automaattisella laukaisulaitteella varustettu käynnistin
	Tähti-kolmiokäynnistin

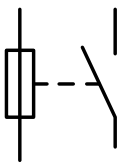
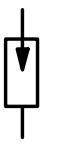
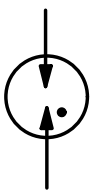
SÄHKÖMEKAANISET KYTKINRELEET

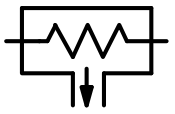
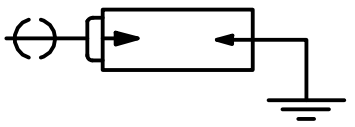
Piirrosmerkki	Piirrosmerkin selitys
	Releen toimielin (yleismerkki)
	Esimerkki: Kahdella erillisellä käämillä varustettu toimielin, koottu esitystapa
	Päästöhidasteisen releen kela
	Erittäin nopean releen kela (nopea veto- ja päästötoiminta)
	Vaihtosähköreleen kela
	Mekaanisesti lukkiutuvan releen kela
	Lämpöreleen toimielin
	Pulssireleen kela
	Esimerkki: Vilkkurele, joka antaa 30 pulssia minuutissa
	Alitehorele
	Vakiohidasteinen ylivirtarele
	Ylivirtarele, jossa on kaksi virtamittausyksikköä ja asettelualue 5…10 A
	Alijänniterele (asettelualue 50 V…80 V ja palautussuhde 130 %)
	Virtarele, joka toimii 5 A:n yläpuolella tai 3 A:n alapuolella
	Roottorin kiinni juuttumisen ilmaiseva ylivirtarele

LÄHESTYMISEN JA KOSKETUKSEN TUNTEVAT LAITTEET

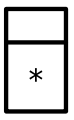
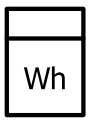
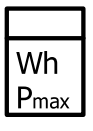
Piirrosmerkki	Piirrosmerkin selitys
	Lähestymisanturi
	Kapasitiivinen lähestymisanturi, joka toimii kiinteän aineen lähestyessä
	Kosketuksen tunteva kytkin, hipaisukytkin, sulkukosketin
	Lähestymiskytkin, joka toimii raudan lähestyessä, avauskosketin

SUOJALAITTEET

Piirrosmerkki	Piirrosmerkin selitys
	Varoke (yleismerkki)
	Varoke, jossa syöttöpuoli on merkitty leveällä viivalla
	Varoke, jossa on erillinen hälytyspiiri
	Varokekytkin
	Kipinäväli
	Venttiilisuoja
	Kaasupurkaussuoja

MUITA PIIRROSMERKKEJÄ	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Hehkulankasytytin
	Sytytystulppa

Mittauslaitteet, lamput ja merkinantolaitteet

KÄYTTÄVÄT, TALLENTAVAT JA INTEGROIVAT (LASKEVAT) MITTAUSLAITTEET	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Näyttävä (osoittava) mittauslaite (tähti korvataan kirjaintunnuksella tai muulla merkillä)
	Tallentava (rekisteröivä) mittauslaite
	Integroiva (laskeva) mittauslaite, Energiamittari
	Volttimittari
	Ampeerimittari
	Oskilloskooppi
	Lämpömittari, pyrometri
	Tallentava, esimerkiksi wattimittari
	Wattituntimittari (yleensä käytössä on kilowattituntimittari)
	Huipputehon osoitustoiminnolla varustettu wattimittari

SÄHKÖKELLOJA, LAMPPUJA JA MERKINANTOLAITTEITA	
Piirrosmerkki	**Piirrosmerkin selitys**
	Kello (yleismerkki)
	Kellokytkin
	Lamppu (yleismerkki), merkkilamppu (yleismerkki)
	Vilkkuva merkkilamppu
	Sähkömekaaninen asennonosoitin
	Merkinantokello
	Sireeni
	Summeri
	Vihellyspilli, sähkökäyttöinen

22.2 Yksikkötunnukset sähkötekniikassa

sähkö *electricity*
sähkötekniikka *electrical engineering*
elektroniikka *electronics*

Sähkötekniikassa yksikkö tarkoittaa sähkökaaviossa omalla piirrosmerkillä esitettävää komponenttia, laitetta, osalaitetta ja vastaavaa. Yksikkötunnus taas tarkoittaa yksilöllistä koodia eli kojetunnusta, jota käytetään yksikön tunnistamiseen esimerkiksi sähkökaaviossa ja luettelossa.

Tunnuslohko on täydellisen yksikkötunnuksen osa, joka sisältää yhteen kuuluvaa tietoa. Standardissa esitetään neljä tunnuslohkoa, joista käytetään eri etumerkkejä.

Kuva 22.2 Tunnuslohkot ja niiden etumerkit.

Tunnuslohkot	Etumerkki
Lohko 1 Kokonaisuus	=
Lohko 2 Yksikön sijainti	+
Lohko 3 Yksikön tunnistaminen	-
Lohko 4 Liitintunnus	:

Yksikön tunnistamisessa (tunnuslohko 3) käytetään yksikön lajin kirjaintunnusta. Lisäksi käytetään numeroa erottamaan saman kirjaintunnuksen eri yksiköt toisistaan.

Kirjaintunnuksen eteen merkitään etumerkki - (miinus-merkki).

Kirjaintunnukset esitetään oheisessa taulukossa. Taulukon tunnukset koskevat ainoastaan lohkoa 3.

ESIMERKKI

-C1 ja -C2 tai -K3, -K4 ja -K5

jossa
– on yksikön tunnistamisen etumerkki
-C1 ja **-C2** ovat kondensaattoreita
-K3, **-K4** ja **-K5** ovat releitä

Yksikön laji	Kirjaintunnus
Laitteistot, osalaitteistot, laitteet ja osalaitteet	**A**
Muuttimet muista suureista sähkösuureiksi ja päinvastoin, esimerkiksi mikrofoni ja kaiutin	**B**
Kondensaattorit	**C**
Binäärielimet, viivästyselimet, muistit	**D**
Sekalaiset	**E**
Suojalaitteet, esimerkiksi varokkeet	**F**
Generaattorit, syöttölaitteet	**G**
Merkinantolaitteet	**H**
Releet, kontaktorit	**K**
Induktiokäämit, kuristimet	**L**
Moottorit	**M**
Analogiaelimet	**N**
Mittauslaitteet, testauslaitteet	**P**
Pääpiirin kytkimet	**Q**
Vastukset	**R**
Ohjauspiirin kytkinlaitteet, valitsimet	**S**
Muuntajat	**T**
Modulaattorit, muuntimet	**U**
Putket, puolijohteet	**V**
Siirtotiet, aaltojohdot ja antennit	**W**
Liittimet, pistokytkimet, pistikkeet ja pistukat	**X**
Sähkömekaaniset laitteet	**Y**
Passiiviset pääverkot, hybridimuuntajat, suodattimet, tasaimet ja rajoittimet	**Z**

Kuva 22.3 Lohkon 3 yksikön lajin kirjaintunnukset.

jännite	*voltage*
virta	*current*
tasavirta	*direct current*
vaihtovirta	*alternating current*

Täydellinen laitos voidaan tavallisesti jakaa joukoksi laiteryhmiä, joista jokaiselle voidaan antaa oma **kokonaisuustunnus** (tunnuslohko 1).

Kirjain- tai numerotunnuksen eteen merkitään etumerkki = (yhtäläisyysmerkki).

ESIMERKKI

=S5P2

jossa
= on laitekokonaisuuden etumerkki
S5 on laiteosa
P2 on pumppuyksikkö

Kokonaisuustunnus ja yksikön tunnistus voidaan yhdistää täydelliseksi yksikkötunnukseksi.

ESIMERKKI

=1-T1

jossa
=1 on laitekokonaisuus 1
-T1 on muuntaja 1

Kytkin- ja ohjauslaitteistot voidaan jakaa useisiin kenttiin (kennoihin) merkitsemällä ne yksikön sijaintia (tunnuslohko 2) ilmoittavalla etumerkillä. Laitteistot merkitään aakkosilla ja kentät numeroilla.

Kirjain- tai numerotunnuksen eteen merkitään etumerkki + (plus-merkki).

ESIMERKKI

+C+3

jossa
+ on yksikön sijainnin etumerkki
+C on kytkinlaitteisto (Huom. tässä C ei tarkoita kondensaattoria)
+3 on kenttä

Lisäksi voidaan antaa tarkempaa tietoa.

ESIMERKKI

+106+C+3

jossa
+ on yksikön sijainnin etumerkki
+106 on paikka
+C on kytkinlaitteisto (Huom. tässä C ei tarkoita kondensaattoria)
+3 on kenttä

Sijainti ja yksikön tunnus voidaan yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi.

ESIMERKKI

+5-T1

jossa
+ on yksikön sijainnin etumerkki
+5 on paikka
-T1 on muuntaja

Liitintunnus (tunnuslohko 4) on osa täydellistä yksikkötunnusta. Liitintunnus koostuu kirjaimista tai numeroista.

Liitintunnuksen etumerkki on : (kaksoispiste-merkki).

ESIMERKKI

+6-A3K4:A1

jossa
: on liitintunnuksen etumerkki
:A1 on liitin
+6 on kenttä
-A3 on osalaite
K4 on rele

Kuva 22.4 Esimerkki laitoksen peräkkäisen jaottelun havannollistamisesta. Tässä on käytetty lohkon 1 kokonaisuustunnuksia ja lohkon 3 yksikön tunnuksia.

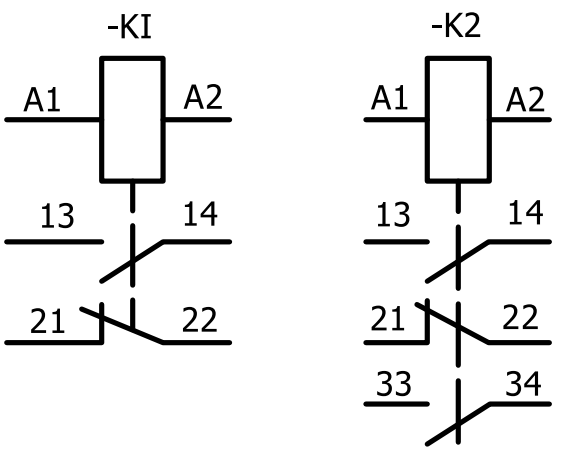
22.3 Sähkömagneettisten releiden kosketintunnukset

Koneautomaatiossa käytetään runsaasti releitä.Releet merkitään esimerkiksi tunnuksilla -K1 ja -K2. Releiden toimielimien (kelojen) liittimet ja koskettimet merkitään omilla tunnuksillaan.

Piirrosmerkin katkoviiva kuvaa mekaanista kytkentää kelan ja koskettimen välillä. Kelan liittimet merkitään tunnuksilla A1 ja A2. Koskettimet merkitään järjestyksessä numeroilla 1, 2 jne.

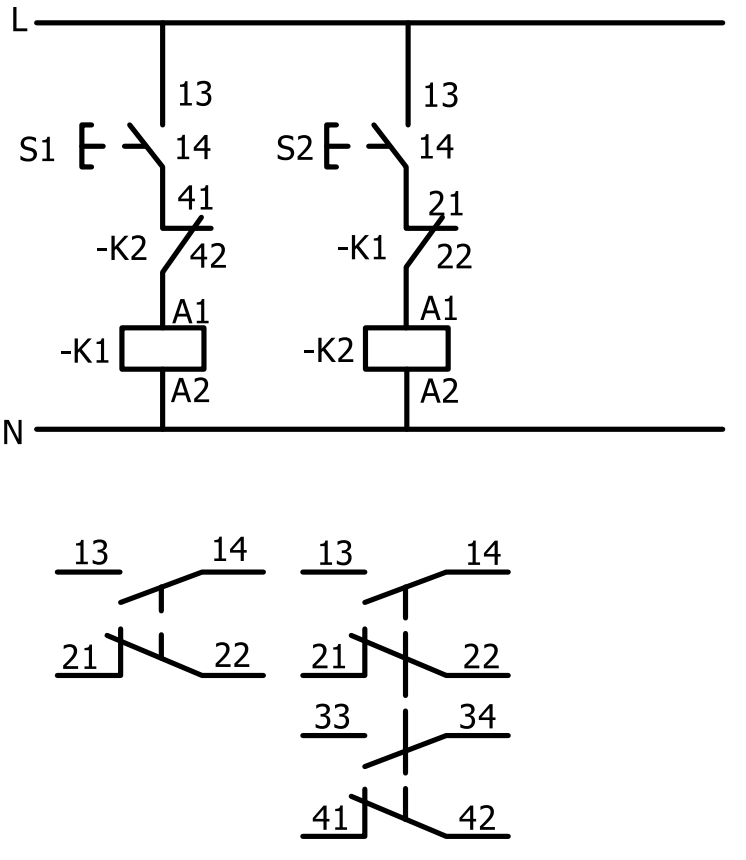
Ensimmäisen numeron perässä oleva toinen numero ilmaisee sen, onko kyseessä avaus- vai sulkukosketin. Avauskoskettimessa toinen numero on 1 ja 2, sulkukoskettimissa 3 ja 4.

Esimerkiksi oheisessa kuvassa koskettimen tunnukset 13 ja 14 tarkoittavat ensimmäistä kosketinta, joka on sulkukosketin. Numerot 21 ja 22 taas tarkoittavat toista kosketinta, joka on avauskosketin.



Kuva 22.5 Esimerkki releiden -K1 ja -K2 liitimien ja koskettimien merkitsemisestä.

Usein releestä tai kontaktorista esitetään varsinaisessa kaaviossa ainoastaan releen (kelan) piirrosmerkki, tunnukset -K1, -K2 jne. sekä liittimien tunnukset A1 ja A2. Varsinainen kosketinkaavio esitetään erikseen alapuolella tai sivussa.



Kuva 22.6 Esimerkki kosketinkaaviosta relekaavion alapuolella. Relekaaviossa L on vaihejohdin ja N on nollajohdin.

22.4 Sähkötekniikan piirustuksia

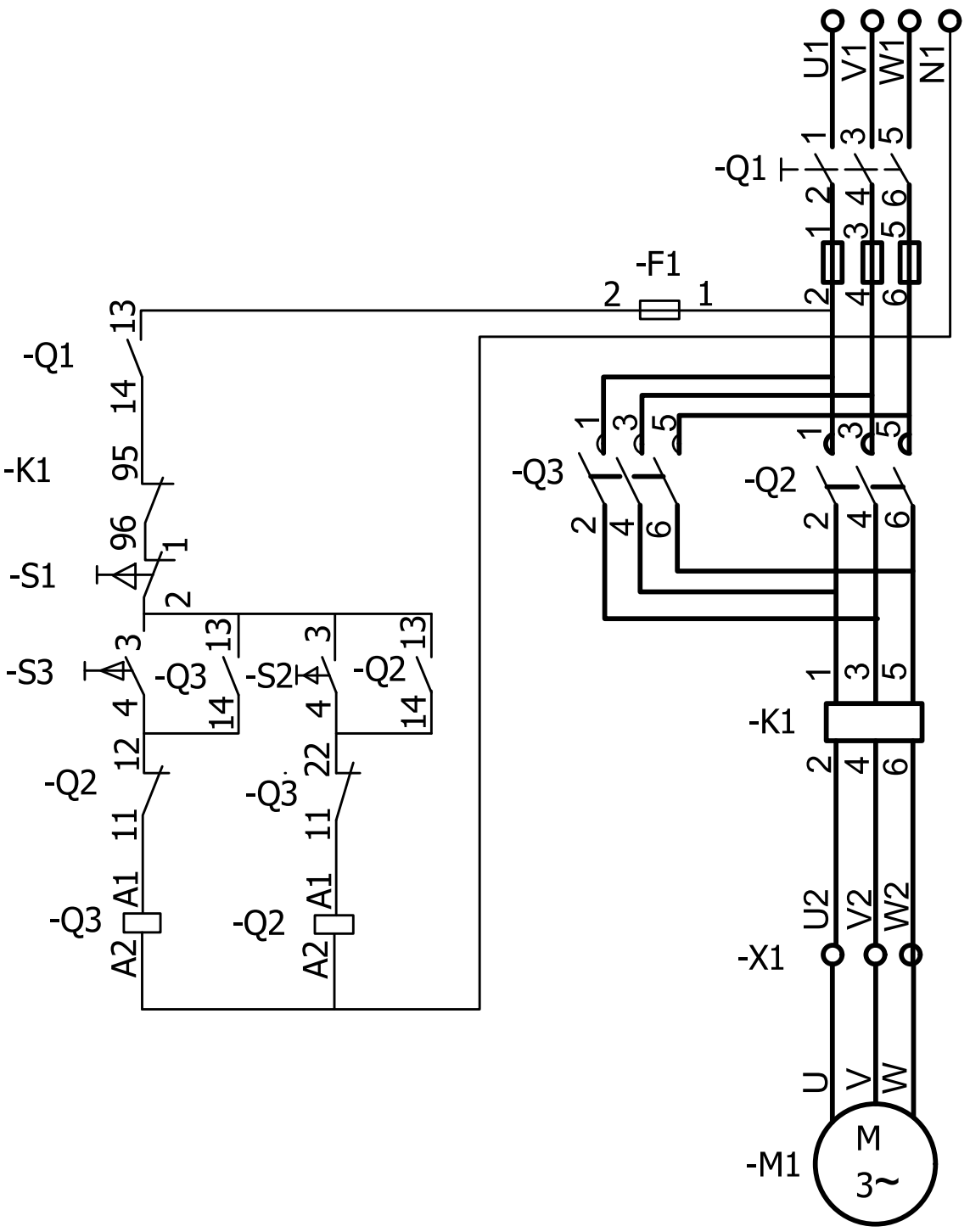
Sähkötekniikkaan liittyy suuri määrä erilaisia piirustuksia. Tärkeimpiä niistä ovat piirikaaviot ja liitäntäkaaviot.

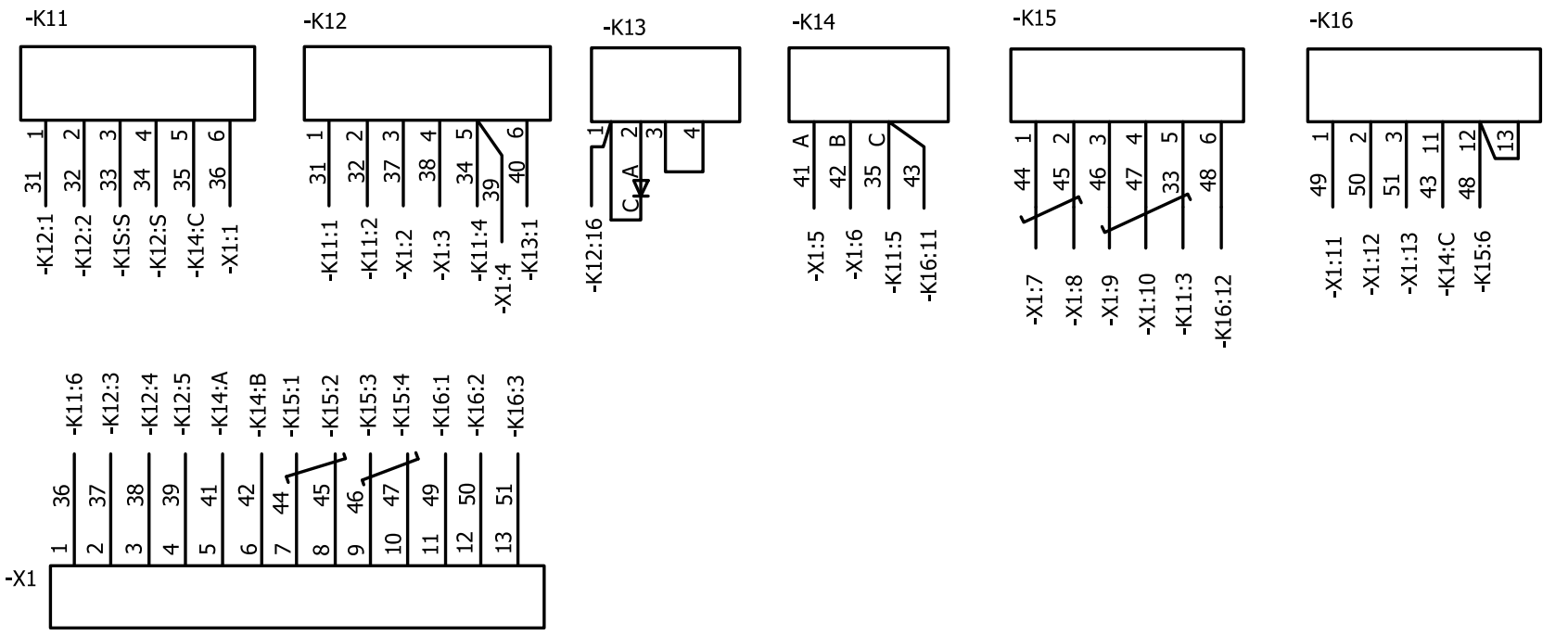
Piirikaavio on toimintakaavio jossa esitetään järjestelmän virtapiirit. Sen avulla ilmenevät toimintaperiaate ja kytkennät. Piirikaavio laaditaan siten, että laitteen ajatellaan olevan sähköttömässä tilassa.

Liitäntäkaavio (johdotuskaavio) voi olla sisäinen tai ulkoinen. Sisäinen liitäntäkaavio esittää rakenteellisen yksikön sisäiset liitännät ja ulkoinen liitäntäkaavio eri yksiköiden väliset liitännät. Yksittäiset johtimet esitetään joko kokonaisina tai lyhennettyinä (katkaistuina).

resistanssi, vastus	*resistance*
teho	*power*
kela	*coil*
kondensaattori	*condenser, capacitor*
diodi	*diode*
transistori	*transistor*

Kuva 22.7 Esimerkki piirikaaviosta, jossa päävirtapiirit on korostetusti piirretty leveämmällä viivalla.

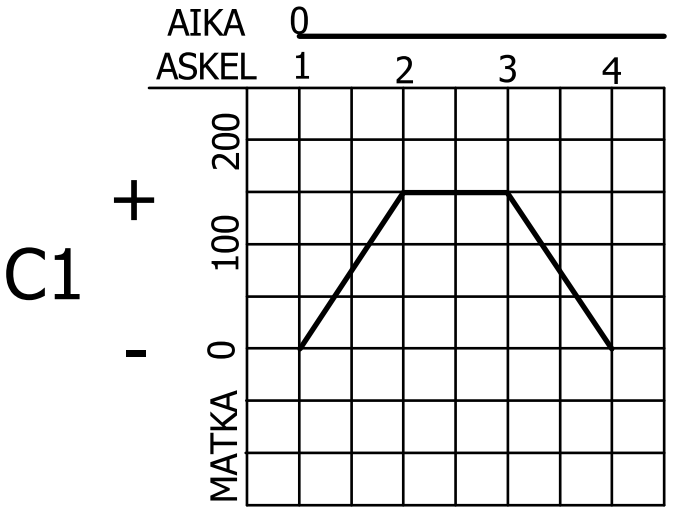




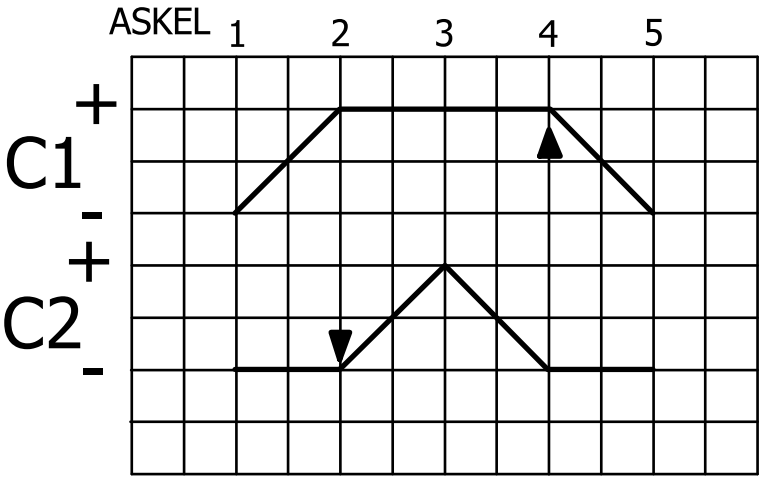
Kuva 22.8 Esimerkki sisäisestä liitäntäkaaviosta, jossa on käytetty katkaistuja viivoja.

22.5 Sähköpneumaattisia kaavioita

Pneumatiikkasylintereiden liikkeitä kuvataan **liikekaaviolla**, jossa vaaka-akselilla esitetään askeleet (myös aika voi olla mukana) ja pystyakselilla männän matka ja suunta. Ylempänä on ulospäin suuntautuva plus-liike (+) ja alempana sisäänpäin suuntauva miinus-liike (-).

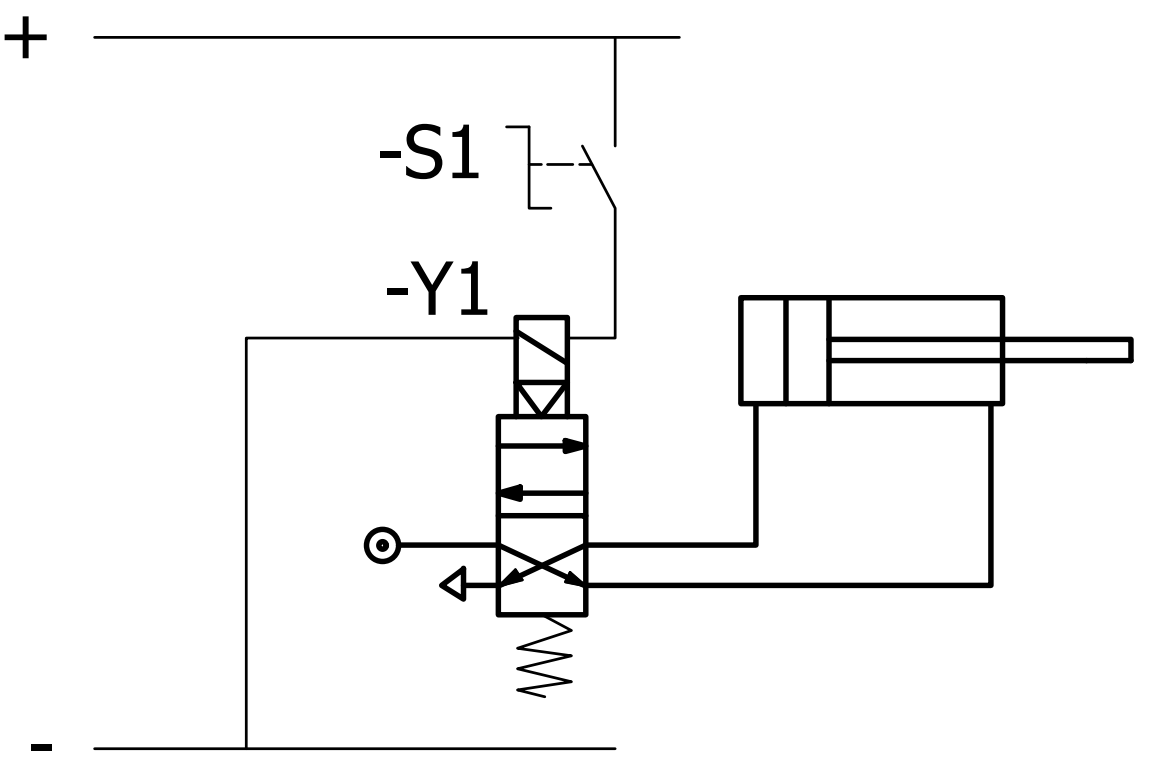


Kuva 22.9 Pneumatiikan liikekaavio yhdelle sylinterille C1.

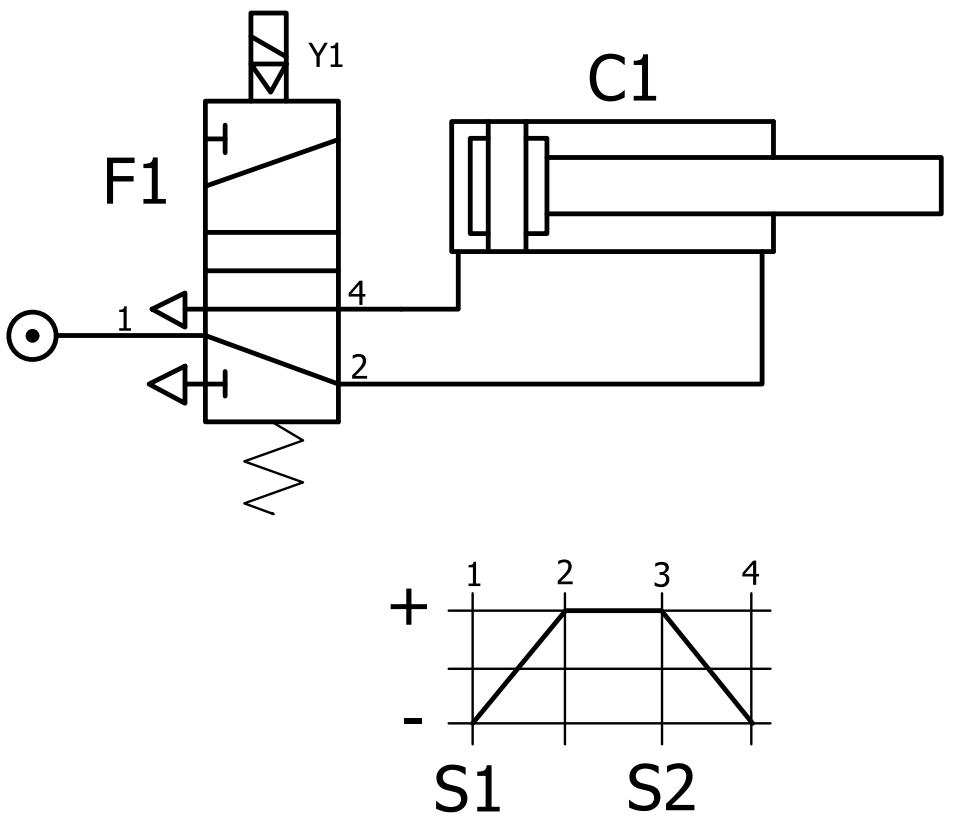


Kuva 22.10 Pneumatiikan liikekaavio kahdelle sylinterille C1 ja C2.

Pneumatiikkakaavion ja sähköisen kytkentäkaavion esittäminen samassa kuvassa on mahdollista, varsinkin jos systeemi on yksinkertainen. Tavallisesti käytännön ratkaisut ovat kuitenkin monimutkaisia, jolloin on tapana esittää pneumaattinen kytkentäkaavio, piirikaavio ja liitäntäkaavio erikseen. Piirikaaviosta voidaan lisäksi esittää erikseen myös päävirtapiiri ja ohjausvirtapiiri.



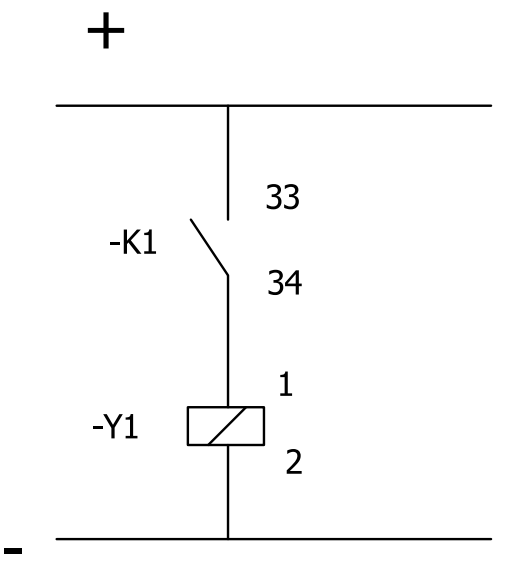
Kuva 22.11 Pneumatiikkakaavio, jossa on kaksitoiminen sylinteri. Sitä ohjataan magneettisella 4/2-suuntaventtiilillä. Kytkintä S1 käännettäessä virtapiiri sulkeutuu ja magneettiventtiilin asento muuttuu. Sylinteri liikkuu uloimpaan asentoon. Kytkintä uudelleen käännettäessä sylinteri palaa takaisin sisimpään asentoon.



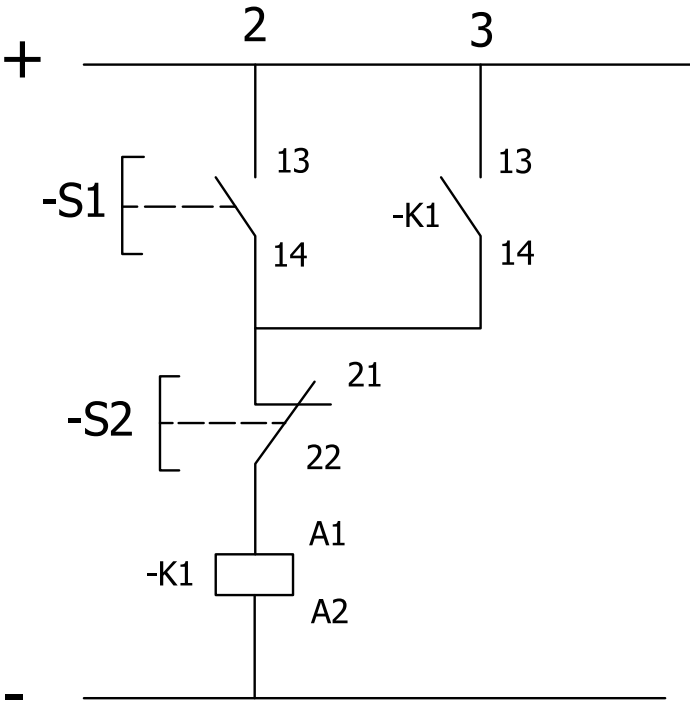
Kuva 22.12 Pneumatiikkakaavio, sekä siihen liitetyt erilliset piirikaaviot ja liitäntäkaavio.

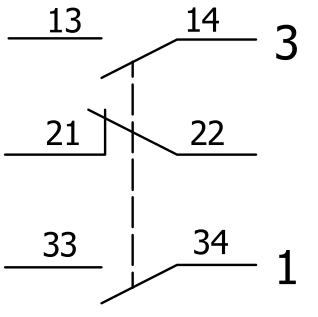
a) **pneumatiikkakaavio ja liikekaavio**. Sylinteri C1 on kaksitoiminen, ja sitä ohjataan magneettisella 5/2 suuntaventtiilillä. Magneettiventtiilin kela on merkitty tunnuksella Y1, joka esiintyy myös piirikaaviossa.

b) **päävirtapiirin piirikaavio**. Piirikaavion pääpiirissä näkyy, miten kelan Y1 sähköisyys saadaan aikaan, kun releen kosketin 13–14 on suljettuna.

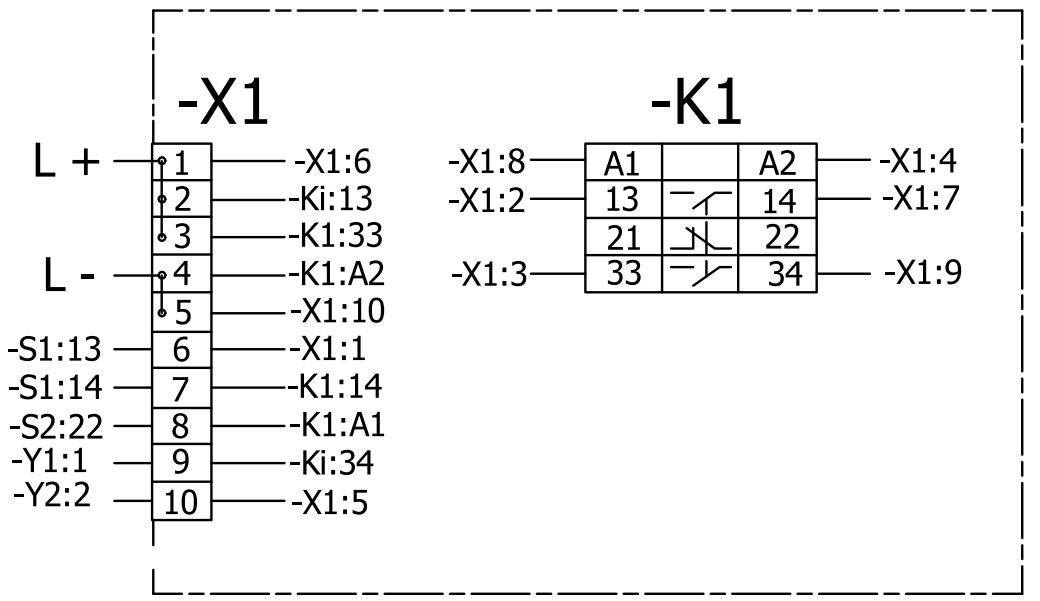


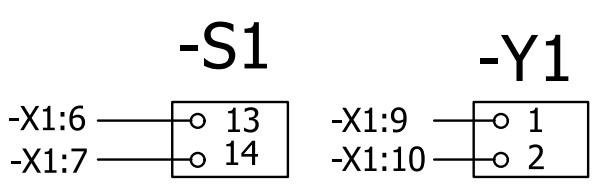
c) **ohjausvirtapiirin piirikaavio**. Rele K1 tarvitaan, koska kytkimet S1 ja S2 antavat vain hetkellisen impulssin. Releen kosketinkaaviossa on käytetty piiriviittaustunnuksia 1 ja 3.

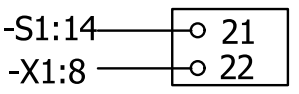




d) **liitäntäkaavio**. Esityksessä on käytetty katkaistuja viivoja. Liitinrima X1 ja rele K1 on yhdistetty osalaitteeksi pistekatkoviivalla. Liitinrimassa liittimet 1, 2 ja 3 sekä 4 ja 5 on yhdistetty. Liitintunnuksen etumerkki on kaksoispiste.







1. Mitä seuraavat lyhenteet tarkoittavat?

AC

DC

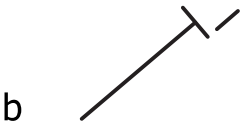
Johdintunnus N

Johdintunnus L1

Johdintunnus Pe

2. Merkitse oikea piirrosmerkin tunnuskirjain tyhjälle viivalle.

a

b 

c

d

e

Lämpövaikutus _____

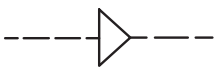
Riippuvuus magneettikentästä _____

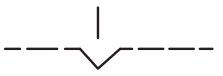
Automaattinen (sisäinen) säätö _____

Portaaton asettelu _____

Ulkoinen portaittainen muuttuvuus _____

3. Mitä seuraavat lyhenteet tarkoittavat?
Merkitse oikea mekaanisen ohjauksen tunnuskirjain tyhjälle viivalle

a  Pidäke kytkettynä _____

b  Salpalaite vapaana _____

c Automaattinen palautus _____

d Mekaaninen kytkentä vapaana _____

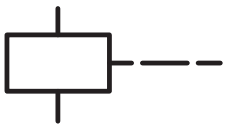
e Jarru _____

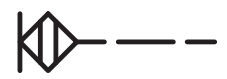
4. Merkitse oikea käyttölaitteen tai -menetelmän tunnuskirjain tyhjälle viivalle

a Hätäkatkaisin _____

b Ohjaus käsin, tahaton käyttö estetty _____

c Ohjaus kääntämällä _____

d  Ohjaus vetämällä _____

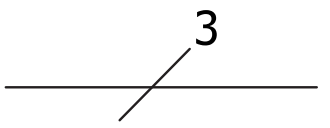
e  Ohjaus painamalla _____

f Ohjaus hipaisemalla _____

g Ohjaus avaimella _____

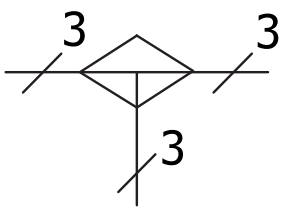
h Ohjaus sähkömagneettisella käyttölaitteella _____

5. Mitä kuvassa oleva luku 3 tarkoittaa? Merkitse rastilla oikea vaihtoehto.



- ☐ Johdinten lukumäärää
- ☐ Kolmivaihejärjestelmää
- ☐ Johtimen halkaisijaa (mm)
- ☐ Johtimen poikkileikkauspinta-alaa (mm^2)

6. Mitä kuvassa oleva vinoneliö tarkoittaa? Merkitse rastilla oikea vaihtoehto.



- ☐ Pistukkaa
- ☐ Sähkömagneettista ohjausta
- ☐ Haaroitusrasiaa
- ☐ Liitinrimaa

7. Piirrä CAD-piirustusohjelmaa käyttämällä sähköinen piirikaavio opettajan antaman esimerkkikaavion mukaisesti.

1. Tutki jonkin työpajalla olevan työstökoneen (esimerkiksi: porakone, kärkisorvi, yleisjyrsinkone) käyttöohjeiden avulla koneen sähkökytkentäkaaviota ja selvitä, mitä komponentteja siihen liittyy. Vaihtoehtoisesti voit tutkia jonkin hitsauskoneen vastaavaa sähkökytkentäkaaviota. Valmistaudu selvittämään kaaviota opettajallesi.

Sähkökaavioihin liittyviä standardeja

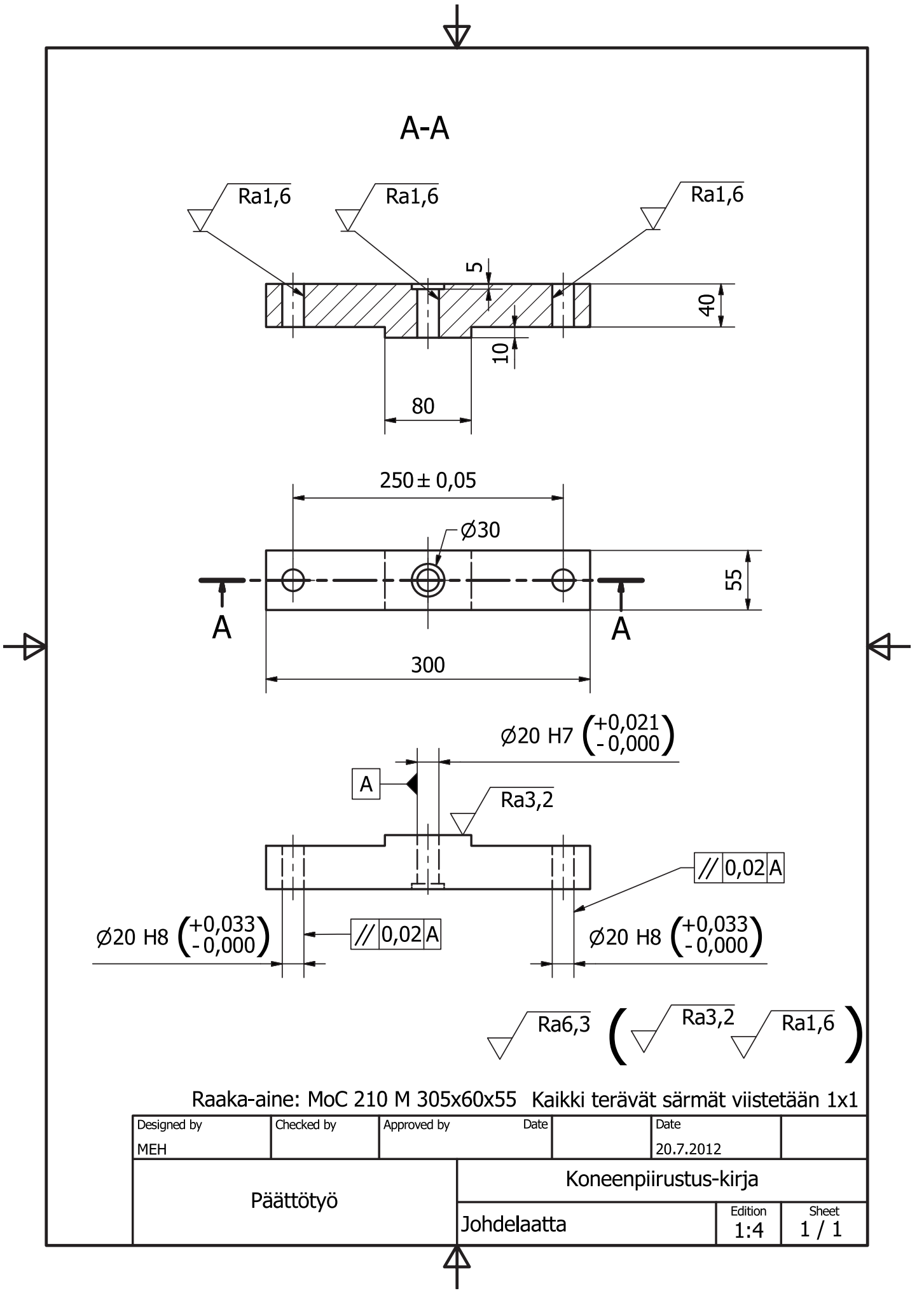
- **SFS-KÄSIKIRJA 10-2** Sähkökaavioiden piirrosmerkit. Osa 2: Integroidut piirit
- **SFS-eKÄSIKIRJA 510** Sähkökaavioissa käytettävät piirrosmerkit
- **SFS-EN 60617-12** Sähkökaavioiden piirrosmerkit. Osa 12: Binäärilogiikan elimet
- **SFS-EN 60617-13** Sähkökaavioiden piirrosmerkit. Osa 13: Analogiatekniikan elimet
- **SFS-EN ISO 10628** Prosessikaaviot. Yleiset ohjeet
- **SFS-ISO 14617-5** Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Osa 5: Mittaus- ja ohjauslaitteet
- **SFS-ISO 14617-6** Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Osa 6: Mittaus- ja ohjaustoiminnot

23

Koneen-piirustuksen päättötyö

Johdelaatan valmistaminen

1. Piirrä CAD-piirustusohjelman avulla oheisen esimerkkipiirustuksen mukainen johdelaatan työpiirustus ja merkitse siihen kaikki tarvittavat mitat, toleranssit ja pintamerkit.



2. Analysoi piirustusta valmistuksen kannalta seuraavaan taulukkoon.

<table>
<tr><th>Tehtävä</th><th colspan="3">Vastaus</th></tr>
<tr><td rowspan="3">a) Mitkä ovat reikien rajamitat?</td><td>Perusmitta:</td><td>Ylärajamitta:</td><td>Alarajamitta:</td></tr>
<tr><td>Ø20H7</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Ø20H8</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>b) Mitä työvaiheita reikien ja lieriöupotuksen valmistus sisältää? Luettele ne oikeassa järjestyksessä.</td><td colspan="3">Ø30 _____
_____
Ø20H7 _____
_____
Ø20H8 _____
_____</td></tr>
<tr><td>c) Millä työvälineillä reiät ja lieriöupotus valmistetaan?</td><td colspan="3">Ø30 _____
Ø20H7 _____
Ø20H8 _____</td></tr>
<tr><td>d) Tulkitse toleranssimerkinnät.</td><td colspan="3">// = _____
0,02 = _____
A = _____
A = _____</td></tr>
<tr><td>e) Millaisia ovat eri pintojen pinnankarheudet?</td><td colspan="3">Leikkausprojektio:
Laatan yläpinta = _____
Laatan alapinta = _____
Laatan alapinta 80 = _____
Lieriöpinta Ø20H7 = _____
Lieriöpinta Ø20H8 = _____
Lieriöpinta Ø30 = _____
Olakepinta Ø30 = _____
Projektio ylhäältä:
Sivupinnat = _____
Päätypinnat = _____</td></tr>
</table>

3. Valmista piirustuksen mukainen johdelaatta oppilaitoksen työpajalla.

4. Suorita kaikki tarvittavat tarkistusmittaukset ja arvioi valmistamasi johdelaatan onnistuminen

a) vaadittujen mittojen toteutumisen osalta

b) vaadittujen mittatoleranssien toteutumisen osalta

c) vaadittujen geometristen toleranssien toteutumisen osalta

d) vaadittujen pinnankarheuksien toteutumisen osalta.

5. Esittele työsi tulokset opettajallesi.